



SKRIPSI – TK 141581

**STUDI PENGARUH KECEPATAN IMPELER
TERHADAP ALIRAN FLUIDA DALAM
FERMENTOR BIOETHANOL SECARA
VISUALISASI**

**Eizel Mauldy Muhammad
NRP. 2313 100 105**

**Nicholas Abie
NRP. 2313 100 134**

**Dosen Pembimbing:
Dr. Tantular Nurtono, S.T, M. Eng
NIP. 197205201997021001**

**Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng
NIP. 195209161980031002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TK 141581

**VISUALISATION STUDY OF EFFECT OF
IMPELLER TOWARDS FLUID FLOW IN
BIOETHANOL FERMENTOR**

By:

Eizel Mauldy Muhammad

NRP. 2313 100 105

Nicholas Abie

NRP. 2313 100 134

Advisor:

Dr. Tantular Nurtono, S.T, M. Eng

NIP. 197205201997021001

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng

NIP. 195209161980031002

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGARUH KECEPATAN IMPELER TERHADAP ALIRAN FLUIDA DALAM FERMENTOR BIOETANOL SECARA VISUALISASI

Diajukan Untuk Memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

EIZEL MAULDY MUHAMMAD
NICHOLAS ABIE

2313 100 105
2313 100 134

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng.
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MS
(Penguji I)
4. Dr. Siti Machmudah, ST, M.Eng
(Penguji II)
5. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng
(Penguji III)


.....

.....

.....

.....

.....



STUDI PENGARUH KECEPATAN PUTAR IMPELER TERHADAP ALIRAN FLUIDA DALAM FERMENTOR BIOETHANOL SECARA VISUALISASI

Nama : Eizel Mauldy Muhammad (2313 100 105)
Nicholas Abie (2313 100 134)

Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS

Pembimbing : Dr. Tantular Nurtono S.T, M.Eng
Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng

ABSTRAK

Proses pencampuran merupakan hal yang krusial ketika viskositas dan densitas larutan berbeda. Side-entering mixer telah banyak digunakan dalam industri perminyakan, berguna untuk mencegah terjadinya endapan partikel solid pada dasar tangki minyak mentah. Tangki berpengaduk side entering mixer memerlukan biaya operasi dan investasi yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aliran yang terbentuk oleh putaran impeller jenis marine agitator dalam tangki berpengaduk secara side-entering di bagian konis dan mengetahui kontur distribusi molasses dengan metode visualisasi. Penelitian ini dilakukan pada tangki silinder dengan diameter 27 cm dan tinggi fluida 25 cm diatas konis. Pengaduk yang digunakan adalah propeller 3-daun dengan bahan stainless steel berdiameter 4.25 cm. Variabel kecepatan putar impeller yang digunakan untuk menganalisa pola alir adalah 275, 375, 475, 700, 1000, dan 1300 rpm dan untuk pencampuran molasses-air digunakan kecepatan 700, 1000, dan 1300 rpm. Teknik visualisasi digunakan dalam penelitian ini, dengan memfokuskan cahaya pada layer liquid secara vertikal kemudian difoto dengan

DSLR camera dan dilakukan pengamatan untuk mengetahui karakteristik pola alirnya. Visualisasi terhadap pencampuran molasses dan air dilakukan dengan fitur video pada DSLR camera. Selain itu, dilakukan perhitungan terhadap propeller power consumption menggunakan pendekatan grafik power number correlations sehingga didapatkan nilai acuan yang dapat digunakan untuk melakukan scale-up. Hasil dari penelitian ini adalah: pada tiap kecepatan putar impeller, seiring dengan bertambahnya waktu pengamatan, posisi circulation flow menurun dari tengah tangki mendekati perbatasan antara silinder dan konis. Pada waktu pengamatan yang sama, seiring dengan peningkatan kecepatan putar impeller, posisi circulation flow akan menurun. Distribusi kecepatan fluida dalam tangki conical bottom, meningkat pada 5 titik pengamatan seiring dengan meningkatnya kecepatan putar impeller. Semakin besar kecepatan putar impeller yang digunakan saat pencampuran molasses maka pencampuran akan semakin cepat tercapai. Meningkatkan kecepatan putar impeller sebanyak dua kali lipat akan memangkas setengah dari waktu campuran. Nilai power consumption dari propeller berbanding lurus dengan nilai densitas fluida dan kecepatan putar impeller.

Kata kunci : Side-entering mixer, Tangki Berpengaduk, Propeller 3-daun, Incline Blade Turbine 4-daun, side-entry angle.

VISUALISATION STUDY OF EFFECT OF IMPELLER TOWARDS FLUID FLOW IN BIOETHANOL FERMENTOR

Name : Eizel Mauldy Muhammad (2313 100 105)
Nicholas Abie (2313 100 134)

Department : Chemical Engineering FTI-ITS

Lecture : Dr. Tantular Nurtono ST, M.Eng
Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng

ABSTRACT

The mixing process is crucial when viscosity and density of the solution are different. Side-entering mixer has been widely used in the petroleum industry, it is useful to prevent deposition of solid particles on the basis of crude oil tanks. Stirred tank with side entering mixer requires low operating cost and investment. The purpose of this research is to study the pattern of fluids flow that created by the rotation of impeller with marine agitator type inside stirred-tank using side entering method on conical part and to know contour of distribution of molasses using visualization method. This research was conducted on the tank cylinder with a diameter of 27 cm and the volume of liquid used was 25 cm above the conical. Impeller used in this research is 3-blade propeller made from stainless steel with a diameter of 4.25 cm. Variation of impeller speed used is 275, 374, 475, 700, 1000 and 1300 rpm. Visualization techniques used in this research, specifically focus on the vertical light liquid layer then photographed with a DSLR camera. This observation was done in order to characterize the flow pattern. Propeller power consumption was also determined using graphical approach using power number correlations graph to obtain reference value that may be used in scale-up. The result of this

research are: in every impeller speed variable, as experimental time goes by, the position of circulation flow is going down from the center of the vessel approaching the peripheral area between cylindrical tank and the conical bottom. At the same observation time, as the speed of the impeller increase, the position of the circulation flow will go lower than its initial position. The fluids velocity distributions in conical bottom are showing escalation in all observation point as the speed of the impeller increases. As the speed of the impeller used increases, the mixing will be done in shorter period, while increasing the speed of the impeller by 2 will halved the mixing time. The propeller power consumption is directly proportional to the density of the fluids used and the speed of impeller.

Key Word : Side-entering mixer, stirrer tank, 3-blade propeller, molasses.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Skripsi kami yang berjudul:

“STUDI PENGARUH KECEPATAN PUTAR IMPELER TERHADAP ALIRAN FLUIDA DALAM FERMENTOR BIOETHANOL SECARA VISUALISASI”

Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng selaku Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis.
5. Keluarga besar Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya teman-teman di Laboratorium

Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia
FTI-ITS atas semua dukungan serta kerjasamanya.

Kami menyadari laporan skripsi ini tidak luput dari
berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan
kritik dari dosen penguji.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Pencampuran.....	5
2.2 Visualisasi Pola Aliran	6
2.3 Side-Entering Mixer	7
2.4 Jenis Pengaduk	9
2.5 Kotak Pengamatan.....	11
2.6 Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk	12
2.7 Pengaruh Vorteks dalam Pengadukan	13
2.8 Fenomena Makro Instabilitas	14
2.9 <i>Power Consumption</i>	15
2.10 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Peralatan yang digunakan.....	20
3.2 Sistem yang Dipelajari	20
3.3 Spesifikasi Bahan	22
3.4 Teknik Visualisasi	23
3.5 Perhitungan Kecepatan Lokal.....	25
3.6 Metode Pengolahan Data.....	25

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Identifikasi Makro Instabilitas terhadap Pola Alir	33
4.2 Pengaruh Kecepatan Putar Impeler terhadap Pola Alir	46
4.3 Perhitungan Kecepatan Lokal	54
4.4 Distribusi Molasses	69
4.5 Power Consumption	90
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....	xxi
DAFTAR NOTASI	xxv
APPENDIKS	xxvii
BIODATA PENULIS.....	xxxiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tangki Berpengaduk dengan <i>Side Entering Mixer</i> (SEM) pada Konis	2
Gambar 2.1	Tangki Pengamatan.....	12
Gambar 3.1	Geometri Marine Propeller	22
Gambar 3.2	Dimensi Tangki Silinder	23
Gambar 3.3	Sistem Pencahayaan untuk Bidang Cahaya Vertikal (a) Tampak Atas dan (b) Tampak Samping.....	25
Gambar 3. 4	Lokasi Titik Perhitungan Kecepatan Aliran.....	26
Gambar 3. 5	Menu Tool Bar ImageJ	28
Gambar 3. 6	Membuat Skala	29
Gambar 3. 7	Menset Scale Gambar	30
Gambar 3. 8	Menggunakan Toolbar Segmented Line	31
Gambar 3. 9	Hasil Pengukuran dengan ImageJ	31
Gambar 4. 1	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dalam Tangki <i>Conical Bottom</i>	34
Gambar 4. 2	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller 275rpm</i>	35
Gambar 4. 3	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller 375rpm</i>	37
Gambar 4. 4	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller 475rpm</i>	39

Gambar 4.5	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700rpm	41
Gambar 4.6	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000rpm	43
Gambar 4.7	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300rpm	45
Gambar 4.8	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-0,77; N = (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm	47
Gambar 4.9	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-2,3; N = (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm	48
Gambar 4.10	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-4,6; N = (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm	49
Gambar 4.11	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-6,9; N = (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm	50
Gambar 4.12	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-0,33; N = (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm...	50
Gambar 4.13	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-1; N = (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm...	51
Gambar 4.14	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-2; N = (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm...	52
Gambar 4.15	Pola Aliran 3- <i>Blade Propeller</i> pada detik ke-3; N = (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm...	53
Gambar 4.16	Titik Pengamatan Distribusi Kecepatan dalam Tangki <i>Conical Bottom</i>	54

Gambar 4.17 Kecepatan 3-Blade Propeller 5 Titik Pengamatan dari Kecepatan Putar Impeller 275 rpm hingga 1300 rpm	67
Gambar 4.18 Proses Pengisian Air ke Dalam Tangki Conical Bottom dengan Menggunakan Corong.....	70
Gambar 4.19 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 0:00; 9:00; 17:15.....	71
Gambar 4.20 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 20:06; 20:28; 20:38.....	72
Gambar 4.21 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 21:00; 21:30; 22:00.....	72
Gambar 4.22 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 22:30; 23:00; 23:30.....	73

Gambar 4.23	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 24:00; 24:30; 25:00.....	73
Gambar 4.24	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 25:30; 26:00; 26:30.....	74
Gambar 4.25	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 27:00; 27:30; 28:00.....	74
Gambar 4.26	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 28:30; 29:00; 29:30.....	75
Gambar 4.27	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 30:00; 30:30; 31:00.....	75
Gambar 4.28	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 31:30; 32:00; 32:30.....	76

Gambar 4.29 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 33:00; 33:30; 34:00.....	76
Gambar 4.30 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 34:30; 35:00; 35:30.....	77
Gambar 4.31 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 36:00; 36:30; 37:00.....	77
Gambar 4.32 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 37:30; 37:45.....	78
Gambar 4.33 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 00:00 ; 6:00 ; 14:00.....	79
Gambar 4.34 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-18:00 ; 19:20 ; 19:45.....	79

Gambar 4.35	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-20:10 ; 20:35 ; 20:50.....	80
Gambar 4.36	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-21:15 ; 21:40 ; 22:05.....	80
Gambar 4.37	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-22:30 ; 22:55 ; 23:20.....	81
Gambar 4.38	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 23:45 ; 24:10 ; 24:35.....	81
Gambar 4.39	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-24:50 ; 25:15 ; 25:40.....	82
Gambar 4.40	Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-26:05 ; 26:30 ; 26:55.....	82

Gambar 4.41 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-27:20 ; 27:45 ; 28:10.....	83
Gambar 4.42 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-28:35 ; 28:56.....	83
Gambar 4.43 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-00:00 ; 3:25 ; 7:10.....	84
Gambar 4.44 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-8:10; 8:30; 8:50.....	85
Gambar 4.45 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-9:10; 9:30; 9:50.....	85
Gambar 4.46 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-10:10 ; 10:30 ; 10:50.....	86

Gambar 4.47 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-11:10 ; 11:30 ; 11:50.....	86
Gambar 4.48 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-12:10 ; 12:30 ; 12:50.....	87
Gambar 4.49 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke-13:10 ; 13:30 ; 13:50.....	87
Gambar 4.50 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki <i>Conical Bottom</i> dengan Kecepatan <i>Impeller</i> 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 14:10..	88
Gambar 4.51 Hubungan Kecepatan Putar <i>Impeller</i> dan Waktu Pencampuran	89
Gambar 4.52 Nilai Panjang <i>Opposite</i> dan <i>Adjacent</i> dari Sudut Tangensial	92
Gambar 4.53 Pengaruh Kecepatan terhadap Power Consumption pada Air	95
Gambar 4.54 Pengaruh Kecepatan terhadap Power Consumption pada Molasses.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi Tangki Konis dan <i>Impeller</i>	22
Tabel 3.2	Spesifikasi Air yang Digunakan	24
Tabel 3.3	Spesifikasi Molasses yang Digunakan.....	24
Tabel 3.3	Properti PVC yang Digunakan	24
Tabel 4.1	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 0,77; N=275 rpm	55
Tabel 4.2	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 2,3; N=275 rpm	55
Tabel 4.3	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 4,6; N=275 rpm	56
Tabel 4.4	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 6,9; N=275 rpm	56
Tabel 4.5	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 0,77; N=375 rpm	56
Tabel 4.6	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 2,3; N=375 rpm	57
Tabel 4.7	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 4,6; N=375 rpm	57
Tabel 4.8	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i> Detik ke- 6,9; N=375 rpm	57

Tabel 4.9	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 0,77; N=475 rpm	58
Tabel 4.10	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 2,3; N=475 rpm	58
Tabel 4.11	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 4,6; N=475 rpm	58
Tabel 4.12	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 6,9; N=475 rpm	59
Tabel 4.13	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 0,33; N=700 rpm	59
Tabel 4.14	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 1; N=700 rpm	59
Tabel 4.15	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 2; N=700 rpm	60
Tabel 4.16	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 3; N=700 rpm	60
Tabel 4.17	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 0,33; N=1000 rpm	60
Tabel 4.18	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 1; N=1000 rpm	61
Tabel 4.19	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 2; N=1000 rpm	61
Tabel 4.20	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 3; N=1000 rpm	61

Tabel 4.21	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 0,33; N=1300 rpm	62
Tabel 4.22	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 1; N=1300 rpm	62
Tabel 4.23	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 2; N=1300 rpm	62
Tabel 4.24	Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade Propeller</i>	
	Detik ke- 3; N=1300 rpm	63
Tabel 4.25	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=275 rpm	63
Tabel 4.26	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=375 rpm	64
Tabel 4.27	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=475 rpm	64
Tabel 4.28	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=700 rpm	65
Tabel 4.29	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=1000 rpm	65
Tabel 4.30	Range Distribusi Kecepatan 3- <i>Blade</i>	
	<i>Propeller</i> untuk N=1300 rpm	66
Tabel 4.31	Mean dan Standar Deviasi Kecepatan pada	
	5 Titik	66
Tabel 4.32	Waktu Pencampuran Molasses dan Air di	
	tiap Variabel Kecepatan	89

Tabel 4.33	Bilangan Reynold untuk Fluida Air di Setiap Variabel Kecepatan	91
Tabel 4.34	Bilangan Reynold untuk Fluida Molasses di Setiap Variabel Kecepatan	91
Tabel 4.35	Bilangan Froude untuk Fluida Air di Setiap Variabel Kecepatan	91
Tabel 4.36	<i>Power Number</i> untuk Setiap Variabel Kecepatan	93
Tabel 4.37	<i>Power Consumption</i> untuk Setiap Variabel Kecepatan	93
Tabel 4.38	Perbandingan <i>Power Consumption</i> terhadap Volume Fluida.....	94

BAB 1

PENDAHULUAN

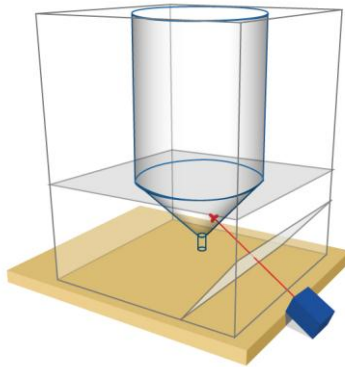
1.1 Latar Belakang

Menurut penelitian dari Wesselingh (1975), tangki berpengaduk secara luas digunakan dalam industri untuk memberikan sirkulasi pada aliran fluida didalamnya. Tangki berpengaduk banyak diaplikasikan untuk pencampuran, reaksi dua larutan yang terlarut, mendispersi dua larutan yang tak saling larut, pencampuran dalam sistem multifasa, dan lain-lain. Banyak sektor yang menggunakan pengadukan dalam skala yang besar, tidak hanya pada industri kimia, melainkan industri makanan minuman, farmasi, kertas, plastik, keramik, dan karet.

Penggunaan tangki berpengaduk sangatlah penting dalam proses fermentasi bioethanol. Faktor yang mempengaruhi proses fermentasi etanol dalam bioreaktor tangki berpengaduk adalah pengadukan. Pengadukan berfungsi untuk meratakan kontak sel dan substrat, menjaga agar mikroorganisme tidak mengendap di bawah, meratakan temperatur di seluruh bagian bioreaktor, dan meratakan penyebaran antifoam guna mencegah timbulnya buih yang dapat mengakibatkan pengembangan volume liquid yang menyebabkan terjadinya overflow sehingga mengurangi hasil fermentasi. Oleh karena itu pemilihan jenis pengaduk dan kecepatan pengaduk yang tepat diharapkan dapat menunjang fungsi pengadukan sehingga dapat meningkatkan hasil fermentasi.

Pengadukan bertujuan untuk mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas, baik yang disertai reaksi kimia maupun tidak. Biasanya dalam alat tangki berpengaduk yang merupakan satu sistem pencampuran dapat dilengkapi dengan impeller dan baffle. Prinsip kerja tangki pengaduk sendiri adalah mengubah energi mekanis motor yang memutar shaft impeller menjadi energi kinetik aliran fluida dalam tangki berpengaduk. Energi kinetik tersebut menimbulkan

sirkulasi aliran fluida di ujung blade impeller sehingga terjadi proses pencampuran. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengadukan tangki meliputi kecepatan putar impeller, geometri tangki, jenis fluida, sifat fluida, jenis impeller, jumlah impeller, dan letak atau posisi poros impeller.



Gambar 1.1 Tangki Berpengaduk dengan *Side-Entering Mixer (SEM)* pada Konis.

Beberapa kendala aplikasi di industri adalah kondisi proses yang kompleks akibat sifat-sifat fisika fluida multifasa dan fenomena instabilitas aliran. Namun demikian, seperti yang akan diuraikan pada BAB 2, hasil penelitian fundamental dan aplikasi tentang tangki berpengaduk dengan side entering mixer (SEM) belum banyak dipublikasi. Penelitian yang ada kebanyakan dilakukan secara simulasi dan ditekankan untuk memperoleh informasi aliran global tanpa dilakukan uji validasi dengan data eksperimen. Oleh karena itu, diperlukan investigasi karakteristik fenomena aliran dalam tangki berpengaduk dengan side entering mixer (SEM) agar diperoleh informasi rinci sebagai data untuk mendesain dan mengoperasikan tangki berpengaduk dengan side

entering mixer (SEM) secara optimum dan efisien. Investigasi kontur distribusi molasses juga dibutuhkan untuk memberikan gambaran pencampuran dalam model seperti ini dan power dari motor listrik yang digunakan di tiap variabel kecepatan putar impeller untuk memberikan gambaran kebutuhan daya.

1.2 Perumusan Masalah

Tidak diketahuinya pengaruh kecepatan impeller dalam tangki berpengaduk terhadap pola aliran yang terbentuk, kontur distribusi molasses terhadap air dan power dari impeller yang digunakan di tiap variabel kecepatan putar impeller.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan tangki berpengaduk jenis silinder dengan bagian dasar konis (conical bottom cylindrical tank) menggunakan side-entering mixer dibagian konis dengan menggunakan impeller jenis propeller. Fluida yang digunakan adalah liquid satu fasa yaitu air untuk mengidentifikasi pola aliran yang terjadi dalam tangki. Kemudian menggunakan liquid multi-fasa yakni air dan molasses dalam menentukan kontur distribusi molasses.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran yang terbentuk oleh putaran impeller tipe propeller dalam tangki berpengaduk secara side-entering di bagian konis dengan metode visualisasi, mengetahui kontur distribusi molasses dalam campuran molasses-air, serta mengetahui power yang dibutuhkan impeller di tiap variabel kecepatan putar impeller.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang karakteristik pengadukan dan kontur distribusi fluida untuk tangki berpengaduk jenis silinder dengan bagian dasar konis (conical bottom cylindrical tank) menggunakan side-

entering mixer dibagian konis dengan pengaduk jenis propeller serta power dari impeller yang dapat digunakan sebagai basis desain pada skala laboratorium.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pencampuran

Mixing merupakan proses mencampurkan satu atau lebih bahan dengan menambahkan satu bahan ke bahan lainnya sehingga membuat suatu bentuk yang seragam dari beberapa konstituen baik cair – padat, padat – padat, maupun cair - gas. Komponen yang jumlahnya lebih banyak disebut fasa kontinyu dan yang lebih sedikit disebut fasa disperse. (Fellows, 1988).

Dilihat dari jenis fluidanya, pencampuran dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pencampuran single-phase dan pencampuran multi-phase. Dimana untuk pencampuran single phase meliputi fasa cair-cair, padat-padat, atau gas-gas. Untuk pencampuran multifasa meliputi fasa cair-padat, cair-gas, cair-gas-solid, ataupun cair-gas-gas.

Mixing sering digunakan karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan panas. Untuk melakukan proses pencampuran maka digunakan tangki pengaduk. Tangki pengaduk secara umum terdiri dari impeller yang terhubung dengan shaft sebagai penggeraknya, dan dilengkapi dengan baffle. Bentuk geometri dari tangki berpengaduk sangat menentukan dalam proses pencampuran agar tercapai tujuan pencampuran seperti yang diinginkan.

Proses pengadukan memiliki beberapa tujuan antara lain untuk mendistribusikan partikel secara merata, membentuk suspensi antara padat dan cair, menghindari terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pencampuran adalah adanya aliran yang turbulen dan laju alir bahan yang tinggi biasanya menguntungkan proses pencampuran. Sebaliknya, aliran

yang laminar dapat menggagalkan pencampuran. Kemudian, ukuran partikel atau luas permukaan, dimana semakin luas permukaan kontak bahan-bahan yang dicampur berarti semakin kecil partikel dan semakin mudah gerakannya dalam campuran, maka proses pencampuran semakin baik. Dan yang terakhir adalah kelarutan, dimana semakin besar kelarutan bahan-bahan yang akan dicampur maka semakin baik pula pencampurannya.

Pencampuran terjadi pada tiga tingkatan yang berbeda yaitu :

1. Mekanisme konvektif :

pencampuran yang disebabkan aliran cairan secara keseluruhan (bulk flow).

2. Eddy diffusion :

Pencampuran karena adanya gumpalan - gumpalan fluida yang terbentuk dan tercampakan dalam medan aliran.

3. Diffusion :

Pencampuran karena gerakan molekuler. Ketiga mekanisme terjadi secara bersama-sama, tetapi yang paling menentukan adalah eddy diffusion. Mekanisme ini membedakan pencampuran dalam keadaan turbulendengan pencampuran dalam medan aliran laminar.

2.2 Visualisasi Pola Aliran

Pada tangki berpengaduk, pola aliran yang dihasilkan bergantung pada beberapa faktor antara lain geometri tangki, sifat fisik fluida dan jenis pengaduk itu sendiri. Teknik paling sederhana untuk memvisualisasikan pola aliran pada proses pencampuran dengan light sheet visualisation. Sumber cahaya digunakan untuk menerangi tangki berpengaduk agar pola aliran dapat terlihat. Sumber cahaya yang digunakan biasanya lampu halogen. Pencahayaan dapat dilakukan dengan posisi vertikal untuk mengetahui pola aliran aksial dan radial, sedangkan posisi horizontal pada dasar atau atas tangka untuk mengetahui pola aliran radial dan tangensial. Selain itu digunakan partikel penjejak (tracer particles) yang dapat mengikuti aliran (flow follower)

supaya dapat mempermudah pengamatan pola aliran yang terjadi. Penambahan partikel penjejak kedalam fluida dilakukan dengan teknik pulse seeding secara intermiten sampai akumulasi dari partikel yang terdeposisi didasar tangki tidak menghalangi pengamatan gerak partikel mengikuti aliran. Teknik seperti ini hanya bisa dilakukan pada tangki yang transparan. Sedangkan untuk mengambil gambar digunakan kamera Digital Single Lens Reflex (DSLR) karena dapat mengambil gambar dengan kecepatan tinggi.

Teknik lain untuk memperoleh informasi tentang kecepatan lokal fluida yaitu dengan PIV (Particle Image Velocimetry), atau dengan keakuratan tinggi dengan menggunakan LDA (Laser Doppler Velocimetry) / LDV (Laser Doppler Velocimetry), dan Hot-Wire Anemometry. Akan tetapi teknik ini lebih mahal dari pada menggunakan teknik pencahayaan sederhana dan pengambilan gambar dengan kamera Digital Single Lens Reflex (DSLR). (Edward, et al,2003)

2.3 Side-Entering Mixer

Side-entering mixer adalah kondisi pengadukan dimana mixer masuk ke tangki atau vessel dari sisi samping. Side-entering digunakan untuk tangki yang besar karena alirannya dapat mencapai semua bagian dari tangki. Contohnya mixer untuk mencampur isi tangki harus dipasang dibawah level zat cair. Akibatnya mixer sering dipasang dekat dengan bagian bawah untuk menjamin pencampuran dari isi tangki bahkan sampai di level liquid paling rendah. Pada side-entering mixer ada elemen fisik dalam tangki yang memaksa isi naik dan turun kembali, ini yang menunjukkan kerja dari pencampuran itu sendiri, homogenitas dan keseragaman temperatur.

Keuntungan dari side-entering mixer ini sendiri adalah biaya awal yang rendah dan tidak ada pemasangan bantalan di atas tangki. Penurunan kecepatannya sederhana karena kecepatan operasinya lebih tinggi daripada kebanyakan turbine mixer. Banyak side-entering mixer menggunakan belt-drive,

pengurangan kecepatan dan pillow-block bearing. Side-entering mixer digunakan untuk blending zat cair yang viskositasnya rendah pada tangki yang besar, dimana ini tidak dapat digunakan untuk agitator konvensional yang didukung dari atas tangki. Side-entering mixer yang digunakan untuk zat cair yang mudah terbakar, perlindungan khusus harus digunakan pada desain dan perawatan dari shaft seal. Side-entering mixer biasanya dioperasikan dengan kecepatan putar 420 atau 280 rpm, kecuali untuk pulp and paper industry.

Side entering mixer adalah jenis pengaduk yang dipasang pada dinding tangki atau vessel dari sisi samping. Side entering digunakan untuk tangki yang besar karena alirannya dapat mencapai semua bagian dari tangki. Tujuan pengaduk dipasang dekat dengan bagian dasar tangki untuk menjamin pencampuran dari isi tangki bahkan sampai di level liquid paling rendah. Pada side entering mixer ada elemen fisik dalam tangki yang memaksa isi naik dan turun kembali, ini yang menunjukkan kerja dari pencampuran itu sendiri, homogenitas dan keseragaman suhu. Keuntungan dari side entering ini sendiri adalah biaya awal yang rendah dan tidak ada pemasangan bantalan di atas tangki. Side entering mixer digunakan untuk mencampur zat cair yang viskositasnya rendah pada tangki yang besar, dimana ini tidak dapat digunakan untuk pencampur konvensional yang didukung dari atas tangki.

Pengaduk dalam tangki memiliki fungsi sebagai pompa yang menghasilkan laju volumetrik tertentu pada tiap kecepatan putar dan input daya. Input daya dipengaruhi oleh geometri peralatan dan fluida yang digunakan. Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang mempengaruhi kualitas pencampuran. Desain pengaduk tergantung jenis alirannya, jika laminar biasanya membutuhkan pengaduk yang ukurannya hampir sebesar tangki itu sendiri. Hal ini disebabkan karena aliran laminar tidak memindahkan momentum sebaik aliran turbulen (Walas, 1990).

2.4 Jenis Pengaduk

Pengaduk dalam tangki memiliki fungsi sebagai pompa yang menghasilkan laju volumetrik tertentu pada tiap kecepatan putaran dan input daya. Input daya dipengaruhi oleh geometri peralatan dan fluida yang digunakan Walas (1988). Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang mempengaruhi kualitas pencampuran. Rancangan pengaduk sangat dipengaruhi oleh jenis aliran, laminar atau turbulen. Aliran laminar biasanya membutuhkan pengaduk yang ukurannya hampir sebesar tangki itu sendiri. Hal ini disebabkan karena aliran laminar tidak memindahkan momentum sebaik aliran turbulen.

Pencampuran di dalam tangki pengaduk terjadi karena adanya gerak rotasi dari pengaduk dalam fluida. Gerak pengaduk ini memotong fluida tersebut dan dapat menimbulkan arus yang bergerak keseluruhan sistem fluida tersebut. Oleh sebab itu, pengaduk merupakan bagian yang paling penting dalam suatu operasi pencampuran fasa cair dengan tangki pengaduk. Pencampuran yang baik akan diperoleh bila diperhatikan bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan, karena akan mempengaruhi keefektifan proses pencampuran, serta daya yang diperlukan.

Berdasarkan Geankoplis (2003), aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

1. Pengaduk aliran aksial, yang akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran
2. Pengaduk aliran radial, yang akan menimbulkan aliran yang berarah tangensial dan radial terhadap bidang rotasi pengaduk.
3. Pengaduk aliran campuran, yang merupakan gabungan dari kedua jenis pengaduk diatas.

Sedangkan menurut bentuknya, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

1. Propeller

Kelompok ini biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Kapasitas sirkulasi yang dihasilkan besar dan sensitif terhadap beban head. Menurut (Cheremisinoff,2000), dikarenakan geometrinya, nilai power consumption dari sebuah propeller akan lebih rendah dibandingkan pengaduk lain pada nilai bilangan Reynold yang sama. Propeller dapat digunakan pada operasi berkecepatan tinggi tanpa penggunaan gearbox sehingga lebih efektif secara biaya penggunaannya karena tidak ada mechanical loss. Propeller menghasilkan aliran aksial yang memiliki efek pemompaan yang baik dan menghasilkan waktu pencampuran yang relatif lebih cepat.

2. Turbine

Pengaduk jenis ini digunakan pada viskositas fluida rendah seperti halnya pengaduk jenis propeller. Pengaduk turbin menimbulkan aliran arah radial dan tangensial. Di sekitar turbin terjadi daerah turbulensi yang kuat, arus dan geseran yang kuat antar fluida. Salah satu jenis pengaduk turbine adalah pitched blade. Aliran terjadi pada arah aksial, meski demikian terdapat aliran yang lemah pada arah radial. Aliran ini akan mendominasi jika sudut berada dekat dengan dasar tangki.

3. Paddle / Hydrofoil Impeller

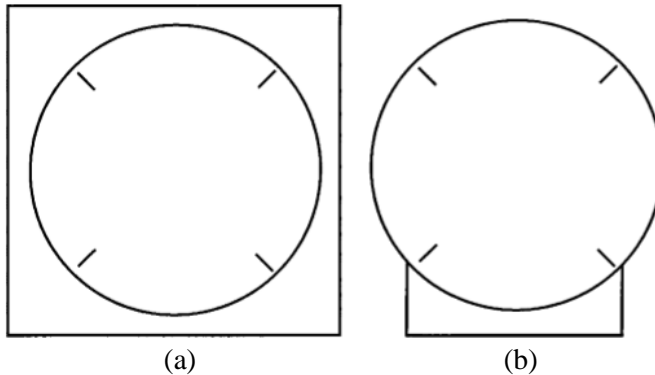
Pengaduk jenis ini sering memegang peranan penting pada proses pencampuran dalam industri. Bentuk pengaduk ini memiliki minimum 2 sudut, horizontal atau vertikal, dengan nilai D/T yang tinggi. Paddle digunakan pada aliran fluida laminar, transisi atau turbulen tanpa baffle. Pengaduk padel

menimbulkan aliran arah radial dan tangensial dan hampir tanpa gerak vertikal sama sekali. Arus yang bergerak ke arah horisontal setelah mencapai dinding akan dibelokkan ke atas atau ke bawah.

Pengaduk jenis ini digunakan pada proses pencampuran, sangat efisien digunakan viskositas rendah hingga 750000 cps. Juga digunakan untuk menangani masalah pencampuran pada pencampuran suspensi padat dengan konsentrasi rendah hingga 65%. Desain ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu pisau sempit hidrofoil disebut “soliditas rendah” hidrofoil, pisau yang lebih lebar disebut “soliditas ringan”, dan pisau yang paling lebar “soliditas tinggi”. Pengaduk ini mempunyai tiga blade dengan kemiringan 45° atau 36° .

2.5 Kotak Pengamatan

Menurut (Paul,2004), tangki berukuran kecil dan sedang (hingga diameter 60cm) dapat ditempatkan didalam kotak pengamatan yang pada umumnya terbuat dari PMMA atau kaca dan diisi dengan cairan yang sama dengan yang ada didalam tangki utama. Kotak pengamatan membantu visualisasi dengan meminimalisir pembiasan cahaya sehingga data yang diambil bisa lebih akurat. Konfigurasi pemasangan kotak pengamatan pun dapat di variasikan tergantung tujuan penggunaannya. Pada konfigurasi (a), Selain membantu pengamatan, tangki pengamatan dapat digunakan untuk mempertahankan suhu dan, dengan sedikit modifikasi, dapat digunakan untuk mengatur suhu. Pada konfigurasi (b), tangki pengamatan hanya digunakan untuk membantu visualisasi pada tangki transparan.



Gambar 2.1 Tangki Pengadukan

2.6 Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk

Pada tangki berpengaduk, pola aliran yang dihasilkan bergantung pada beberapa faktor antara lain geometri tangki, sifat fisik fluida dan jenis pengaduk itu sendiri. Pengaduk jenis flat blade turbine akan cenderung membentuk pola aliran radial sedangkan inclined blade turbine dan propeller cenderung membentuk aliran aksial.

Pada dasarnya terdapat 3 komponen yang hadir dalam tangki berpengaduk yaitu :

1. Komponen radial pada arah tegak lurus terhadap tangki berpengaduk
2. Komponen aksial pada arah sejajar (paralel) terhadap tangki berpengaduk
3. Komponen tangensial atau rotasional pada arah melingkar mengikuti putaran sekitar tangki pengaduk

Komponen radial dan tangensial terletak pada daerah horizontal dan komponen longitudinal pada daerah vertikal untuk kasus tangki tegak (vertical shaft). Komponen radial dan longitudinal sangat berguna untuk penentuan pola aliran yang diperlukan untuk aksi pencampuran (mixing action). Pengadukan pada kecepatan tinggi ada kalanya mengakibatkan pola aliran

melingkar disekitar pengaduk. Gerakan melingkar tersebut dinamakan vorteks.

2.7 Pengaruh Vortex dalam Pengadukan

Dalam Dinamika Fluida, Vorteks adalah sebuah daerah di dalam fluida dimana aliran sebagian besar bergerak memutar pada terhadap sumbu yang imajiner. Pola gerakan disebut Aliran Vorteks. Vorteks terbentuk oleh fluida termasuk cairan, gas, dan plasma.

Vorteks adalah sebuah komponen utama dalam aliran turbulen. Dengan tidak adanya gaya luar, gesekan viskos dalam cairan cenderung membuat aliran menjadi kumpulan yang disebut vortisitas irrotasional. Dalam pusaran tersebut, kecepatan fluida yang terbesar berada di samping sumbu imajiner, dan penurunan kecepatan berbanding terbalik terhadap jarak dari sumbu imajiner. Pusaran sangat tinggi di wilayah inti sekitar sumbu, dan hampir nol di ujung pusaran; sementara tekanan turun tajam saat mendekati wilayah itu. Setelah terbentuk, vorteks dapat berpindah, meregang, berputar, dan berinteraksi secara kompleks. Sebuah Vorteks bergerak membawa serta momentum sudut dan linier, energi, dan massa di dalamnya. Dalam pusaran stasioner, maka streamlines dan pathlines tertutup. Dalam pusaran bergerak atau berkembang, streamline dan pathlines biasanya bergerak spiral.

Secara umum, fenomena vorteks terbagi atas dua bagian yaitu :

1. Vorteks Paksa / Vorteks Berotasi
Adalah vorteks yang terbentuk karena adanya gaya luar yang berpengaruh pada fluida.
2. Vorteks Bebas / Vorteks Tak Berotasi
Adalah vorteks yang terbentuk karena fenomena natural, tidak terpengaruh oleh gaya dari luar sistem fluida, pada aliran inkompresibel, umumnya terjadi karena adanya lubang keluar.

Vorteks yang terjadi di permukaan tangki berpengaduk menandakan seluruh isi tangki bergerak dalam solid body rotation. Jika seluruh fluida bergerak secara bersamaan, artinya tidak ada pencampuran yang terjadi baik di arah radial maupun arah aksial.

Vorteks dapat terbentuk disekitar pengaduk ataupun di pusat tangki yang tidak menggunakan baffle. Fenomena ini tidak diinginkan dalam industri karena berbagai alasan. Pertama dikarenakan buruknya kualitas pencampuran meski fluida berputar dalam tangki yang disebabkan oleh kecepatan sudut pengaduk dan fluida sama. Kedua, udara dapat dengan mudah masuk kedalam fluida karena tinggi fluida dipusat tangki jatuh hingga mencapai bagian atas pengaduk. Ketiga, adanya vorteks akan mengakibatkan naiknya permukaan fluida pada tepi tangki secara signifikan sehingga fluida tumpah. Upaya berikut ini dapat dilakukan untuk menghindari vorteks, yaitu :

1. Menempatkan tangki pengaduk lebih ke tepi (off-center)
2. Menempatkan tangki pengaduk dengan posisi miring
3. Menambahkan baffle pada dinding tangki

2.8 Fenomena Makro Instabilitas (MI)

Aliran dalam tangki berpengaduk sangat kompleks karena secara alami berbentuk 3 dimensi. Bila pada tangki berpengaduk dioperasikan pada kondisi turbulen, karakteristik aliran dalam tangki mempunyai intensitas turbulensi lebih besar dari pada aliran dalam pipa. Sebagai akibatnya, pola alir dalam suatu konfigurasi tangki akan selalu berubah dengan waktu sehingga biasanya profil aliran yang diberikan dalam bentuk rata-rata. Pola aliran dalam tangki berpengaduk sangat dipengaruhi oleh geometri impeller, tipe impeller, baffle, *impeller clearance*, kecepatan putar dan properti dari liquid. Aliran turbulen yang terbentuk pada tangki berpengaduk yang dioperasikan pada kondisi konstan, akan memberikan perubahan pola pergerakan fluida yang tidak stabil, baik pola disekitar impeller maupun pusaran yang terbentuk. Ketidakstabilan aliran dalam skala yang

besar dan dengan frekuensi rendah, didefinisikan sebagai makro instabilitas.

Fenomena makro instabilitas sering dipelajari pada pengadukan single fase, sementara fenomena makroinstabilitas pada suspensi solid-liquid, masih jarang dilakukan. Jahoda et al (2011) dan Nikiforaki et al (2006) telah menunjukkan bahwa frekuensi makro instabilitas dipengaruhi oleh penambahan fase solid terdispersi pada liquid yang teraduk, dimana frekuensi ketidakstabilan mengalami penurunan konsentrasi solid. Keduanya menggunakan pengaduk Pitched Blade Turbine. Jahoda et al (2011) telah mengamati terjadinya makro instabilitas untuk suspensi solid-liquid dengan cara visual terhadap frekuensi kemunculan macro-vortex yang dianggap sebagai frekuensi makro instabilitas. Karakteristik frekuensi ini dipelajari perubahannya dengan memvariasikan kecepatan putar impeller, konsentrasi partikel dan off-bottom clearance. Hasil yang diinformasikan adalah frekuensi meningkat dengan semakin tingginya kecepatan putar impeller, dan frekuensi makro instabilitas turun sampai mencapai nilai tertentu dengan besarnya konsentrasi partikel, namun pengaruh off-bottom clearance tidak besar terhadap perubahan frekuensi makro instabilitas.

2.9 Power Consumption

Dalam pengadukan, daya yang dikonsumsi oleh sebuah impeller bergantung pada dimensi dan properti fisik dari fluida yang diaduk (e.g. densitas dan viskositas). Secara umum, kebutuhan dari sistem untuk diaduk akan menentukan jenis impeller yang akan digunakan. Penelitian dalam skala laboratorium dapat menentukan kecepatan yang tepat untuk menjaga turbulensi isotropik dalam tangki pengadukan. Sehingga estimasi nilai power consumption untuk operasi pengadukan skala besar haruslah mengikutsertakan pertimbangan dari hasil scale-up.

Dalam menentukan nilai power consumption dilakukan pendekatan menggunakan grafik power correlations dari (Coker, 2001) sebagai berikut.

Dimana dibutuhkan nilai pitch dari propeller yang menentukan kurva yang akan digunakan. Pitch dari sebuah propeller biasanya telah dihitung dalam desain propeller, namun ada cara untuk menghitung nilai pitch dari propeller yang sudah ada. Menurut (Lewis, 1988), pitch adalah jarak aksial yang ditempuh/diambil oleh propeler pada satu kali putaran penuh (360).

Penjelasan dari (Lewis, 1988) dalam satu revolusi, propeller akan berpindah dari A to A', sejauh P. Apabila silinder dengan radius R tersebut dibentangkan menjadi, helix yang dibentuk oleh A akan menjadi garis lurus AM. Persamaan yang menghubungkan penjelasan dari (Lewis, 1988) adalah sebagai berikut.

$$\tan \phi = \frac{P}{2\pi r}$$

Dalam menggunakan grafik dari (Coker, 2001) dibutuhkan nilai bilangan reynold ergerakan cairan di dalam tangki berpengaduk dapat digambarkan dengan bilangan tak berdimensi lain, yaitu bilangan Reynold (NRe). Bilangan Reynold merupakan rasio antara inersia dengan kekentalan. Bilangan Reynold (NRe) didefinisikan sebagai berikut.

$$N Re = \rho N D^2 / \eta$$

Dimana :

NRe = Bilangan Reynolds

η = Kekentalan (kg/m.s)

ρ = Densitas cairan dalam tangki (kg/m³)

N = Putaran Pengaduk (Rps)

D = Diameter pengaduk (m)

Selain itu, dibutuhkan nilai bilangan Fraude yang merupakan bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Menurut (Ali et al,2012) Bilangan Fraude bukan merupakan variabel yang signifikan. Bilangan ini hanya diperhitungkan pada sistem pengadukan dalam tangki tidak bersekat. Pada sistem ini bentuk permukaan cairan dalam tangki akan dipengaruhi gravitasi sehingga membentuk pusaran (vortex) dimana vorteks menunjukkan keseimbangan antara gaya gravitasi dengan gaya inersia. Perhitungan nilai bilangan Fraude dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$NFr = N^2 D / g$$

Dimana :

- N = Putaran Pengaduk (Rps)
- D = Diameter Pengaduk (m)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

Dijelaskan dalam (Paul,2004) bahwa jika kesamaan geometrik peralatan skala kecil ke skala besar dipertahankan pada kondisi yang sama, maka bagian-bagian yang relevan dengan perilaku cairan dalam tangki berpengaduk adalah tenaga yang digunakan untuk pengadukan (P) dan kecepatan putar pengaduk (N). Konsumsi energi oleh tangki berpengaduk digambarkan dengan Bilangan Power (Power Number). Bilangan Power merupakan bilangan yang tak berdimensi yang diperoleh dengan persamaan:

$$P = N_p \rho N^3 D^5$$

Dimana :

- P = Tenaga eksternal dari agitator (Nm/detik)
- N_p = Bilangan Power (Power Number)
- ρ = Densitas cairan dalam tangki (kg/m³)
- N = Kecepatan agitasi (Rps)
- D = Diameter pengaduk (m)

2.10 Penelitian Terdahulu

Wesselingh (1975) meneliti tentang pencampuran zat cair pada penyimpanan silinder dengan side-entering propeller untuk memperoleh korelasi umum dari variabel pencampuran dengan berbagai model skala tangki dan berkorelasi dengan cara analisis dimensi.

Penelitian dengan perbedaan densitas yang kecil, zat cair menunjukkan kecenderungan yang pasti untuk memisah, tetapi layer dengan perbedaan interface hanya ditemukan jika tangki diisi dengan hati-hati. Pada awal percobaan, konduktifitas dari dua layer zat cair berbeda secara luas. Ketika agitator dijalankan, zat cair mulai bergerak dan merespon perubahan sel, sehingga meratakan ke nilai akhir ketika zat cair dianggap tercampur.

Hubungan fungsional antara komposisi dari campuran dua zat cair pada satu sisi dan densitas campuran dengan viskositas pada sisi yang lain juga mempengaruhi pola pencampuran. Pengaruh diameter tangki sebenarnya dengan model (d/D) sangat ekstrim akan sangat berguna untuk pencampuran awal zat cair bertingkat, waktu pencampuran menjadi besar ketika dua layer sama-sama tebal.

Oldshue (1983) , meneliti waktu yang dibutuhkan untuk campuran lapisan air dengan perbedaan temperatur dan density dengan cara side-entering propeller. Rasio tangki (H/D) dan (H'/H) adalah sama dengan 0 dan 0,1-0,2 berturut-turut. Efek dari perbedaan density dan kecepatan propeller adalah sangat mirip dengan Wesselingh namun efek dari d/D lebih besar. Homogenitas campuran diperiksa dengan mengukur densitas sampel cair. Penentuan waktu pencampuran terpendek tidak akurat terutama karena perbedaan densitas awal hanya sampai 5 kg/m³. Bilangan Reynolds memiliki pengaruh yang kecil, propeller blade lebih baik digunakan dan perbedaan temperatur antara zat cair dapat menyebabkan perbedaan densitas yang sebenarnya menjadi cukup berbeda dengan yang diukur pada sampel dengan kondisi laboratorium.

Madania, dkk (2017) meneliti tentang sifat pencampuran dengan fluida multiphase dalam tangki berpengaduk dengan beberapa tipe impeller. Penelitian dilakukan dengan menggunakan computational fluid dynamics. Dalam penelitiannya, Madania, dkk (2017) menunjukkan hasil pencampuran molasses dengan air dengan variasi impeller baik dengan menggunakan top-entering mixer maupun side-entering mixer. Dalam penelitian side-entry, air terhisap dan berdifusi dengan molasses. Fenomena ini menyebabkan turunnya konsentrasi molasses dan pada saat molasses dapat bergerak keatas mengikuti pola alir untuk membentuk aliran sirkular yang menjangkau seluruh bagian tangki, nilai momen dari impeller dan shaft menurun.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering mixer* (SEM) dipengaruhi oleh tipe, diameter, jumlah, posisi dan kecepatan impeler. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh kecepatan propeller terhadap karakteristik pola alir dan kinerja pencampuran dalam tangki berpengaduk dengan *side-entering mixer*. Teknik visualisasi digunakan untuk mengamati karakteristik aliran dengan menggunakan kamera *digital single lens reflex (DSLR)*. Jenis impeler yang digunakan adalah *propeller* 3-daun tipe b-series dengan diameter 4.25 cm. Peralatan dan teknik visualisasi aliran yang digunakan akan diuraikan dalam beberapa bagian berikut ini.

3.1 Peralatan yang dipakai

1. Tangki berpengaduk dari samping (agitated tank with side-entering mixer)
conical bottom
2. Impeler aksial 3-blade propeller blade tipe *B-series* dengan diameter 4.25 cm
3. Tangki pengamatan
4. Motor listrik sebagai penggerak impeller
5. Digital single-lens reflex (DSLR) camera
6. Penerangan dari 2 lampu LED 500 watt

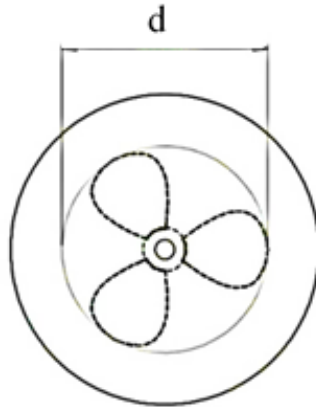
3.2 Sistem yang Dipelajari

Sistem yang digunakan dalam penelitian pencampuran molasses dan air ini adalah tangki silinder dengan dasar konis (*conicle bottomed cylindrical tank*) dengan diameter $D=270\text{mm}$, tinggi silinder atas $H_1=342\text{ mm}$ dan tinggi konis $H_2=142\text{ mm}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. *Impeller* aksial digunakan untuk memberi gaya dorong dan digunakan pada tangki yang berskala kecil. *Marine propeller* berdiameter pada aplikasinya digunakan pada tangki berskala kecil. *Marine propeller* yang

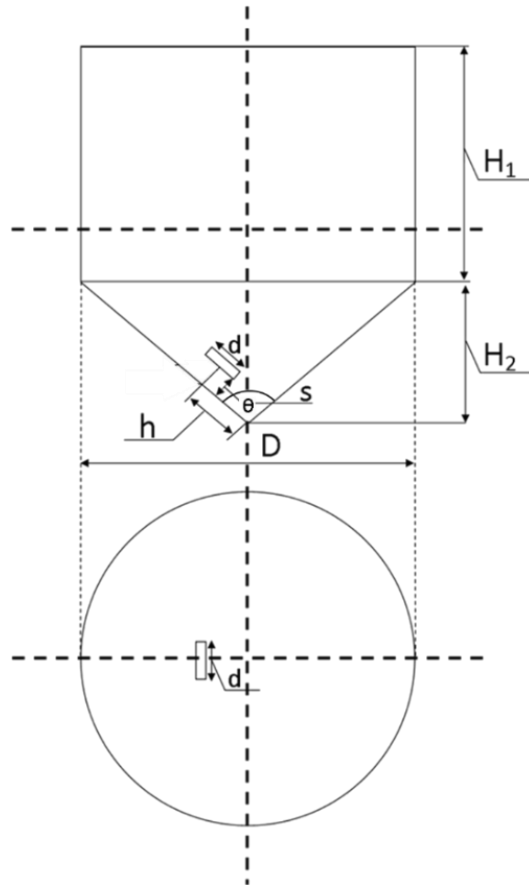
digunakan berdiameter 42.5 mm seperti ditunjukkan Gambar 3.2. Dimensi tangki dan *impeller* ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Dimensi Tangki Konis dan *Impeller*

D (mm)	d (mm)	H₁ (mm)	H₂ (mm)	h (mm)	s (mm)	ø (mm)
270	42.5	342	142	74.65	35	?



Gambar 3.1 Geometri Marine Propeller



Gambar 3.2 Dimensi Tangki Silinder

3.3 Spesifikasi Bahan

Bahan yang digunakan di dalam proses pengamatan pola alir ini adalah air dan molasses. Air yang digunakan merupakan air keran yang berasal dari PDAM Surabaya yang memiliki spesifikasi seperti yang tertera di Tabel 3.2. Molasses yang digunakan berasal dari pabrik bioethanol di Mojokerto dengan spesifikasi seperti yang tertera di Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Spesifikasi Air yang Digunakan

Jenis	Air
Suhu (°C)	26
Densitas (kg/m ³)	998,2
Viskositas (kg/m.s)	1,003 x 10 ⁻³

Tabel 3.3 Spesifikasi Molasses yang Digunakan

Jenis	Molasses
Suhu (°C)	32
Densitas (kg/m ³)	1297,66
Viskositas (kg/m.s)	2,08
Kadar Gula (% massa)	56

Sebagai partikel penjejak (*Tracer Particel*) digunakan PVC (*Polyvinylchloride*), yang mana memiliki *properties* seperti dibawah ini:

Tabel 3.4 Properti PVC yang Digunakan

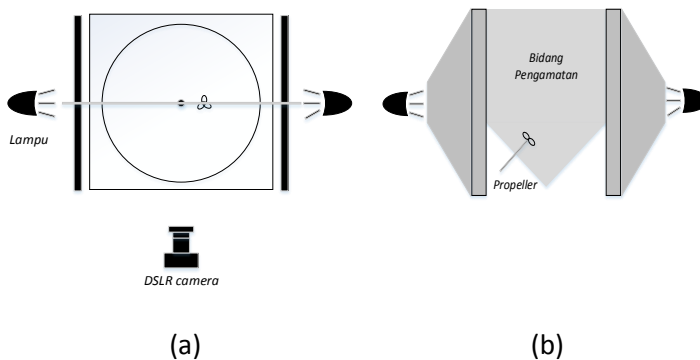
Tracer Particel
PVC
Ukuran 68 mesh
Densitas rata-rata 1200-1300 kg/m ³
Warna Putih
Berat 1 gram

3.4 Teknik Visualisasi

Seperi disebutkan pada BAB I, untuk menghilangkan pengaruh perbedaan indeks bias air sebagai fluida kerja dan udara, tangki silinder dimasukkan dalam tangki kotak yang juga berisi air. Untuk mengamati fenomena aliran dalam tangki digunakan teknik

visualisasi dengan menggunakan *digital single-lens reflex (DSLR) camera*. Partikel polyvinylchloride (PVC), warna putih, diameter rata-rata = 0.5 mm, densitas = 1200-1300 kg/m³, dan seberat 0,5 gram digunakan sebagai penjejak (*tracer particles*) yang dapat mengikuti aliran (*flow follower*) supaya dapat mempermudah pengamatan pola aliran yang terjadi. Penambahan partikel penjejak kedalam fluida dilakukan dengan teknik *pulse seeding* secara intermiten sampai akumulasi dari partikel yang terdeposisi didasar tangki tidak menghalangi pengamatan gerak partikel mengikuti aliran.

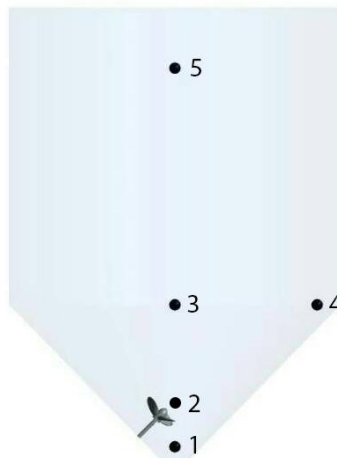
Karena secara alami aliran dalam tangki bersifat tiga dimensi, maka untuk penyederhanaan pengamatan dilakukan dari salah satu sisi untuk suatu bidang vertikal dan dari atas untuk suatu bidang horizontal yang melewati poros impeler seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.3** dan **3.4**. Untuk itu diperlukan sistem pencahayaan berupa bidang cahaya yang dilewatkan celah cahaya (*slit*) selebar 1 cm untuk membentuk bidang cahaya vertikal dan horizontal. Sumber cahaya berasal dari dua unit lampu LED yang diletakkan berlawanan pada kedua sisi samping baik untuk bidang cahaya vertikal maupun horizontal.



Gambar 3.3 Sistem Pencahayaan untuk Bidang Cahaya Vertikal,
(a) Tampak Atas; dan (b) Tampak Samping

3.5 Perhitungan Kecepatan Lokal

Perhitungan dilakukan menggunakan metode perhitungan skala. Setelah didapatkan panjang dari suatu garis, akan dibagi dengan lamanya waktu pengambilan gambar (*shutter speed camera*). Pada percobaan ini pengambilan gambar dilakukan sebanyak 10 kali selama 7.7 detik untuk variabel kecepatan impeller 275, 375, dan 475 RPM, dan 3.3 detik untuk variabel kecepatan impeller 700, 1000, dan 1300 RPM. Panjang garis selama 0.77 detik untuk variabel impeller 275, 375, dan 475 RPM, dan 0.33 detik untuk variabel kecepatan impeller 700, 1000, dan 1300 RPM mempresentasikan berapa kecepatan aliran yang dihasilkan. Pengambilan gambar dilakukan sekitar 1-2 menit setelah impeller berputar.



Gambar 3.4 Lokasi titik perhitungan kecepatan aliran

3.6 Metode Pengolahan Data

Benda yang bergerak lurus atau melingkar pada bidang datar dapat juga diketahui kecepatan, percepatan, dan arah geraknya serta posisi kedudukan benda tersebut setiap waktunya

dengan menggunakan teknik pengolahan citra (*Image Processing*) dari gerakan benda tersebut.

Hasil pengamatan yaitu berupa *image* (gambar) berwarna RGB (Red, Green, Blue) yang telah diambil dengan menggunakan kamera *DSLR* akan diproses dengan menggunakan proses penskalaan warna abu-abu (*Grayscale Processing*) dengan software Adobe Photoshop CS6. Kemudian dengan menggunakan data-data yang dihasilkan dari proses tersebut, maka sebagai tujuan akhirnya adalah menghitung panjang pergerakan dari partikel penjejak (lintasan) yang berhasil diambil gambarnya pada kamera *DSLR*. Langkah-langkah pengerjaanya adalah sebagai berikut :

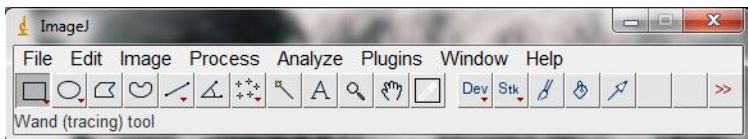
1. Gambar yang sudah melalui proses *pre-processing* yang cukup. Artinya, gambar yang digunakan sudah terbebas dari *noise* sehingga dengan mudah bisa dipisahkan antara objek yang diamati dan *background*. Dalam penelitian ini digunakan metode yang cukup sederhana, yaitu hasil gambar berwarna RGB (Red, Green, Blue) akan diproses di Adobe Photoshop CS6 dengan proses penskalaan abu-abu (*Grayscale Processing*) setelah itu mengubah gambar menjadi efek negatif (*invert*) sehingga antara objek dan latar belakang gambar sudah memiliki kontras yang baik.
2. Gambar hasil *invert* dari Adobe Photoshop CS6 akan diidentifikasi arah perpindahan dari benda yang diamati yaitu *tracer particle*, kemudian lintasan partikel digambar ulang agar lebih jelas dengan bantuan dengan pen table yaitu Wacom Bamboo. Sehingga pola alir yang digambar sudah mempresentasikan vektor dari aliran.
3. Secara alami aliran fluida memiliki sifat tiga dimensi. Untuk penyederhanaan dalam pengamatan maka dilakukan pengamatan hanya pada bidang horizontal.
4. Langkah selanjutnya adalah kalibrasi. Untuk mengetahui informasi mengenai berapa ukuran

sesungguhnya yang direpresentasikan di dalam sebuah gambar. Dalam ukuran yang sesungguhnya, suatu objek direpresentasikan dengan menggunakan dimensi jarak dengan unit *centimeter*, sedangkan dalam suatu gambar dimensi yang digunakan adalah dalam bentuk satuan pt. Untuk itu, kita perlu mensinkronkan unit-unit ini untuk mengukur panjang sesungguhnya dari sebuah objek dari suatu gambar. Disini menggunakan Adobe Photoshop CS6, dengan menarik garis dari bagian atas tangki hingga konis didapatkan tinggi dalam satuan pt. karena tinggi sebenarnya telah diketahui, maka bisa dibuat skala panjang untuk 1 cm.

Dari skala panjang yang sudah ditentukan akan dilakukan pengukuran panjang lintasan aliran menggunakan ImageJ sebagai alat bantu. ImageJ adalah program pengolah gambar berbasis Java yang dikembangkan di *National Institutes of Health* dan dapat diunduh secara gratis. Berikut Langkah kalibrasi dengan menggunakan imageJ.

Langkah 1

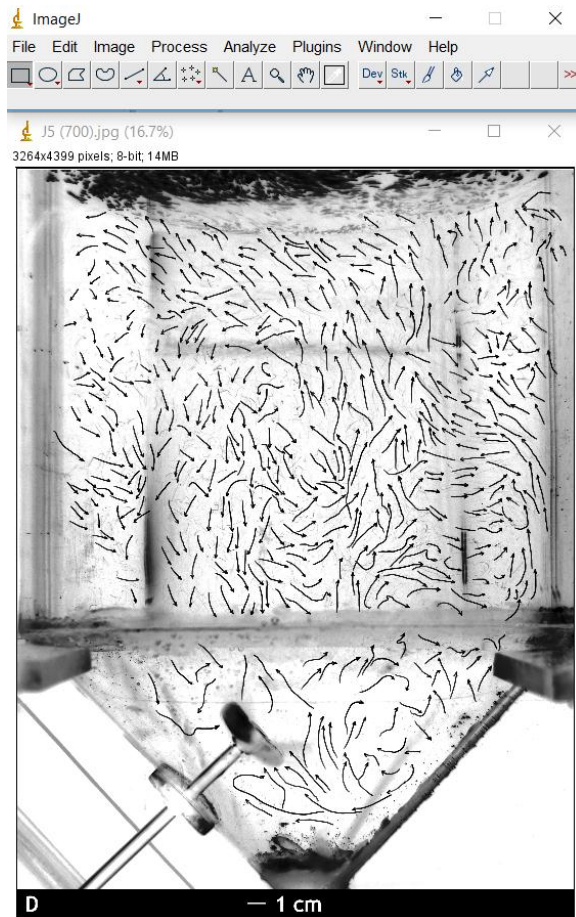
Membuka ImageJ dengan tampilan menu sebagai berikut :



Gambar 3.5 Menu tool bar imageJ

Langkah 2

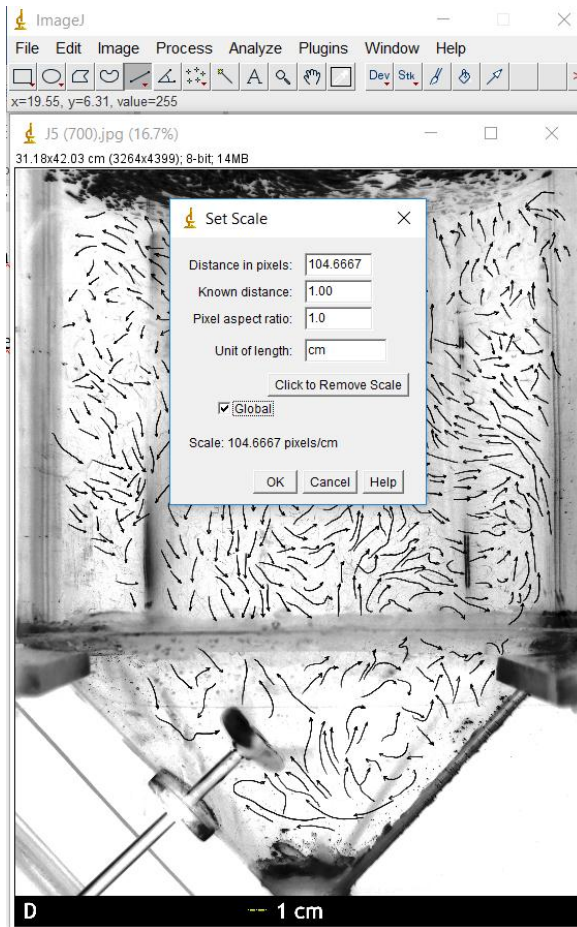
Drag gambar vector kecepatan yang telah diberikan skala.



Gambar 3.6 Membuat Skala

Langkah 3

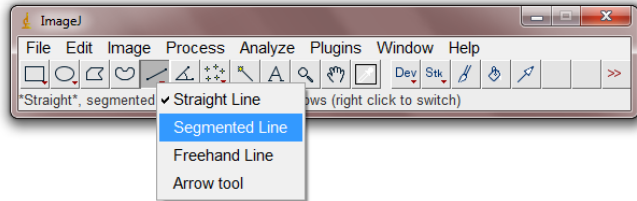
Set scale dengan menginput panjang yang diketahui yakni 1 cm. Panjang 1 cm pada gambar terwakili oleh pixel yang terukur dalam imageJ. Kemudian set global



Gambar 3.7 Menset Scale Gambar

Langkah 4

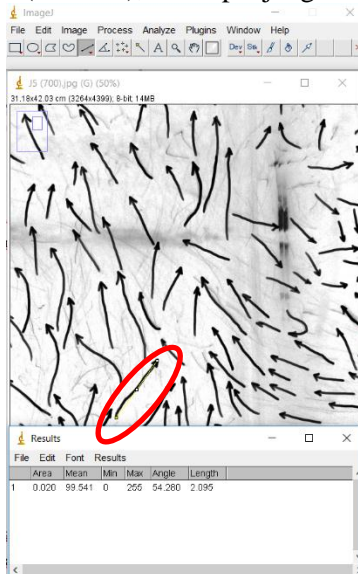
Membuat garis sesuai pola lintasan untuk menghitung panjang dengan menggunakan segmented line untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat



Gambar 3.8 Menggunakan toolbar segmented line

Langkah 5

Kemudian Control (Ctrl M), maka panjang vektor akan terbaca



Gambar 3.9 Hasil pengukuran dengan ImageJ

Dari ImageJ diketahui panjang garis yaitu 2.095 cm. Kemudian nilai panjang yang telah didapatkan dibagi dengan *shutter speed* pengambilan gambar. **Gambar 3.9** merupakan hasil pengukuran salah satu panjang vektor dari variabel kecepatan 700 rpm, dimana digunakan shutter speed 1/3 detik. Sehingga untuk mendapatkan kecepatan dari vektor tersebut:

$$\frac{2.095 \text{ cm}}{\frac{1}{3} \text{ s}} = 6.285 \text{ cm/s}$$

Maka nilai kecepatan dari vektor tersebut adalah senilai 6.285 cm/s.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan tangki berpengaduk dengan *conical bottom* dengan *side-entering mixer* yang digunakan berdiameter 27,2 cm dan total tinggi 48,4 cm yaitu 34,2 cm pada bagian silinder dan 14,2 cm pada bagian konis, dengan *impeller* tipe aksial yaitu *3-blade propeller* berdiameter 4,25 cm diberikan kecepatan putar 275 rpm, 375 rpm, 475 rpm, 700 rpm, 1000 rpm dan 1300 rpm. *Propeller* yang digunakan menghasilkan pola aliran aksial, dengan sirkulasi aliran yang beroperasi secara *pumping up* dan *pumping down*.

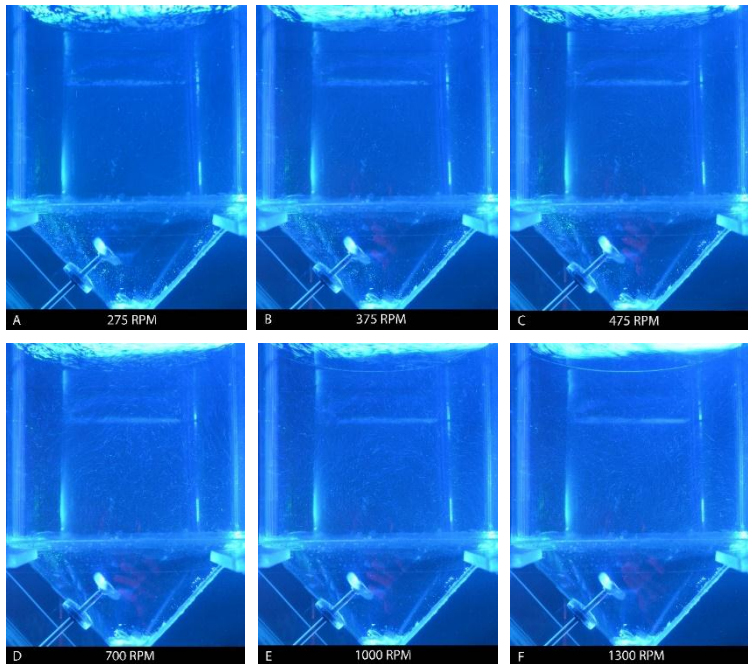
Dalam penelitian untuk mengidentifikasi pola alir, fluida yang digunakan adalah *single phase*, dimana fluidanya adalah air untuk mengetahui pola aliran pada tangki *conical bottom*. Kecepatan *impeller* yang digunakan dalam penelitian untuk mengidentifikasi adalah 275 rpm, 375 rpm, 475 rpm, 700 rpm, 1000 rpm, dan 1300 rpm.

Dalam penelitian untuk mengetahui distribusi molasses, fluida yang digunakan adalah *multi phase*, dimana fluida adalah molasses dan air. Kecepatan *impeller* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 700 rpm, 1000 rpm, dan 1300 rpm.

4.1 Identifikasi Makro Instabilitas (MI) Terhadap Pola Alir

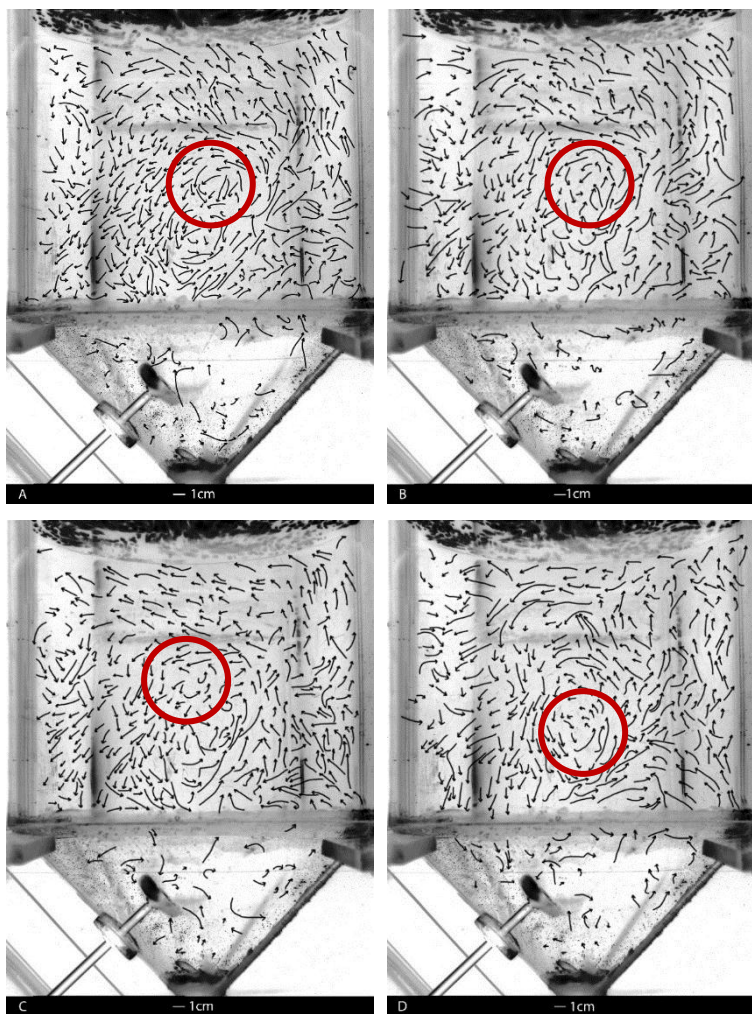
Identifikasi MI pada penelitian ini didasarkan pada perubahan pola alir yang terjadi terhadap waktu. Pada penelitian ini dapat diamati aktifitas makro dan pengaruhnya terhadap proses pencampuran yang terjadi. Untuk mengamati fenomena aliran dalam tangki digunakan partikel polyvinylchloride (PVC) warna putih dengan diameter rata-rata = 0,5 mm, densitas = 1200 – 1300 kg/m³ dan berat 0,5 gram digunakan sebagai penjejak (*tracer particles*) yang dapat mengikuti aliran supaya dapat mempermudah

pengamatan pola aliran yang terjadi. Berikut disajikan hasil pengambilan gambar sebelum pengolahan gambar dilakukan.



Gambar 4.1 Pola Aliran 3-Blade Propeller dalam Tangki
Conical Bottom

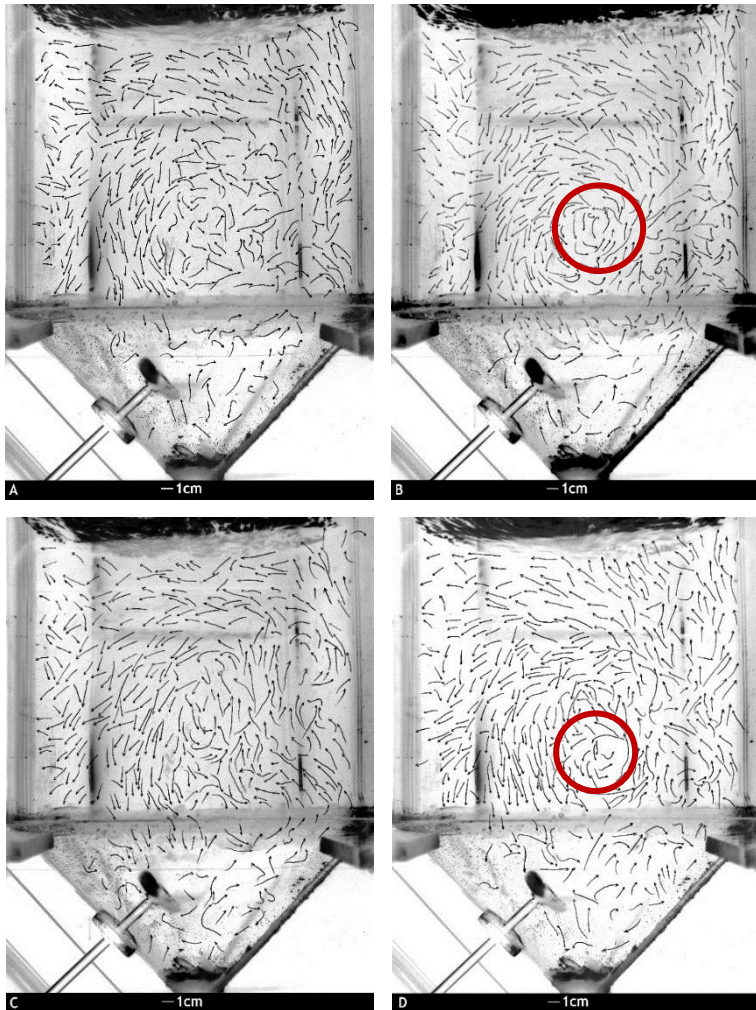
Dibawah ini merupakan *streamline* pola alir rekontruksi hasil pengamatan selama 7,7 detik dengan *impeller* 3-daun berdiameter 4,25 cm pada kecepatan 275 rpm, 375 rpm dan 475 rpm. Pada kecepatan ini, pergerakan *tracer* yang paling terlihat jelas adalah pada *shutter speed* 1/1,3". Pola alir yang disajikan merupakan empat gambar yang terekam dari 10 gambar.



Gambar 4.2 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 275rpm

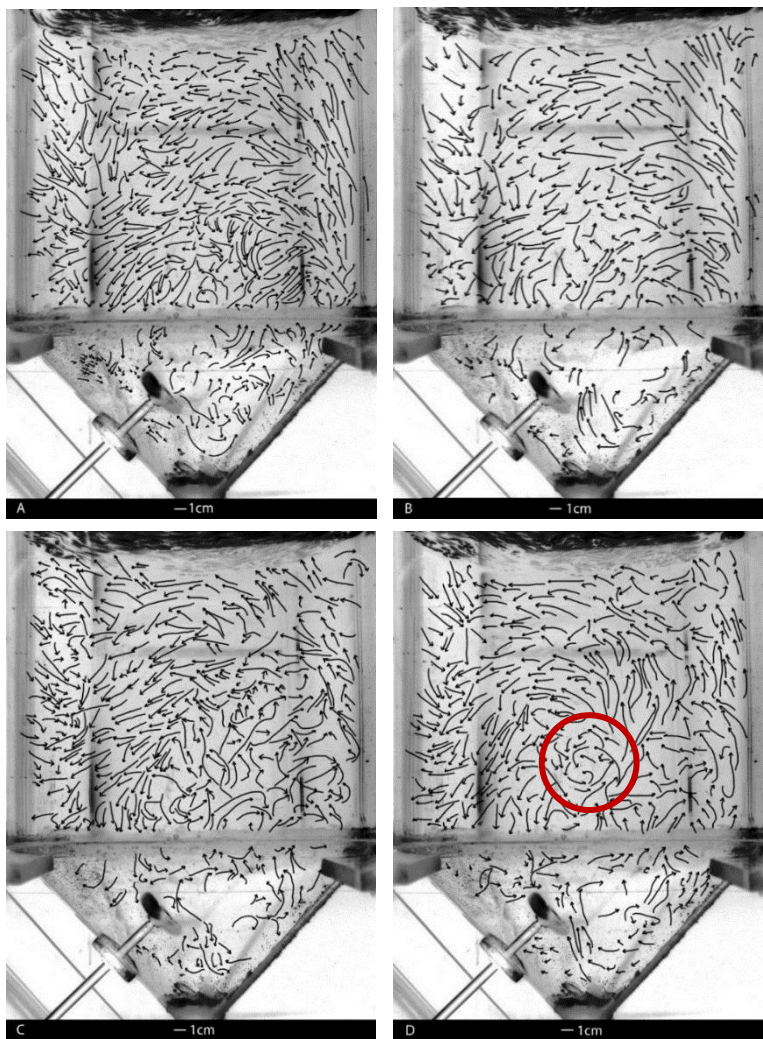
Dari **Gambar 4.1** dapat dilihat mengenai vektor kecepatan fluida yang menunjukkan pola alir aksial. Dimana pola alir akan

menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran. Pada (A) detik ke- 0,77 terdapat pusaran aliran di bagian tengah tangki dengan pola alir *one loop circulation*. Aliran fluida yang disebabkan oleh *impeller* axial dalam tangki berpengaduk pada umumnya diinterpretasikan dengan *one loop circulation* model, yaitu aliran keluar menuju dasar tangki kemudian pada bagian dasar fluida menyimpang, mengubah arahnya bergerak ke atas sepanjang dinding tangki lalu kembali turun menuju *impeller* menutup sirkulasi loop. Pada (B) detik ke- 2,3 posisi pusaran aliran berada sedikit lebih diatas dibandingkan dengan (A). Pada (C) detik ke- 4,6 posisi pusaran aliran berada sedikit lebih diatas dibandingkan dengan (B). Pada (A) sampai (C) posisi pusaran aliran mengalami peningkatan posisi menuju ke permukaan fluida namun pada (D) detik ke- 6,9 posisi pusaran aliran turun dan bergeser ke arah kiri.



Gambar 4.3 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 375rpm

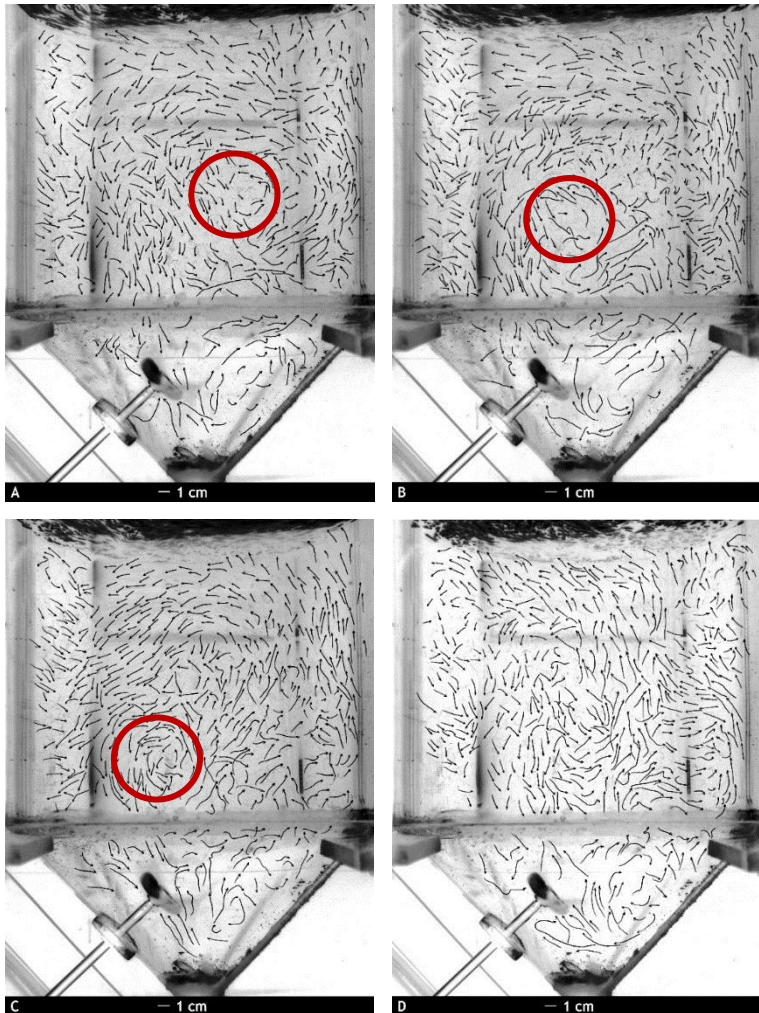
Dari **Gambar 4.3**, pada saat kecepatan dinaikkan menjadi 375 rpm, terjadi perubahan pada pola alir dimana pada (A) detik ke- 0,77 menunjukkan pola *quick return flow* dimana aliran cepat kembali ke daerah impeller. Pada (B) detik ke- 2,3 menunjukkan pola *one loop circulation* ditandai dengan ditemukannya daerah memutar membentuk seperti pusaran aliran pada bagian tengah tangki. Pada (C) detik ke- 4,6 pusaran aliran menghilang namun pada (D) detik ke- 6,9 menunjukkan pola *one loop circulation* ditandai dengan terlihatnya kembali pusaran aliran di bagian tengah tangki. Setelah *discharge stream* bergerak lurus dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki, aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Dapat dilihat posisi pusaran aliran yang berada pada (B) mengalami sedikit penurunan dan bergeser ke sebelah kanan dan turun, seperti yang dapat dilihat di (D), seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan.



Gambar 4.4 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 475 rpm

Dari **Gambar 4.4**, pada saat kecepatan dinaikkan menjadi 475 rpm, terjadi perubahan pada pola alir dimana pada (A) detik ke- 0,77 samapi dengan (C) detik ke- 4,6 menunjukkan pola *quick return flow* dimana *discharge stream* bergerak lurus dari impeller namun ketika menabrak dinding tangki sebagian aliran menuju bagian tengah tangki dan sebagiannya lagi kembali menuju *impeller*. Namun pada (D) detik ke- 6,9 menunjukkan pola *one loop circulation* dimana terlihat pusaran aliran di tengah tangki.

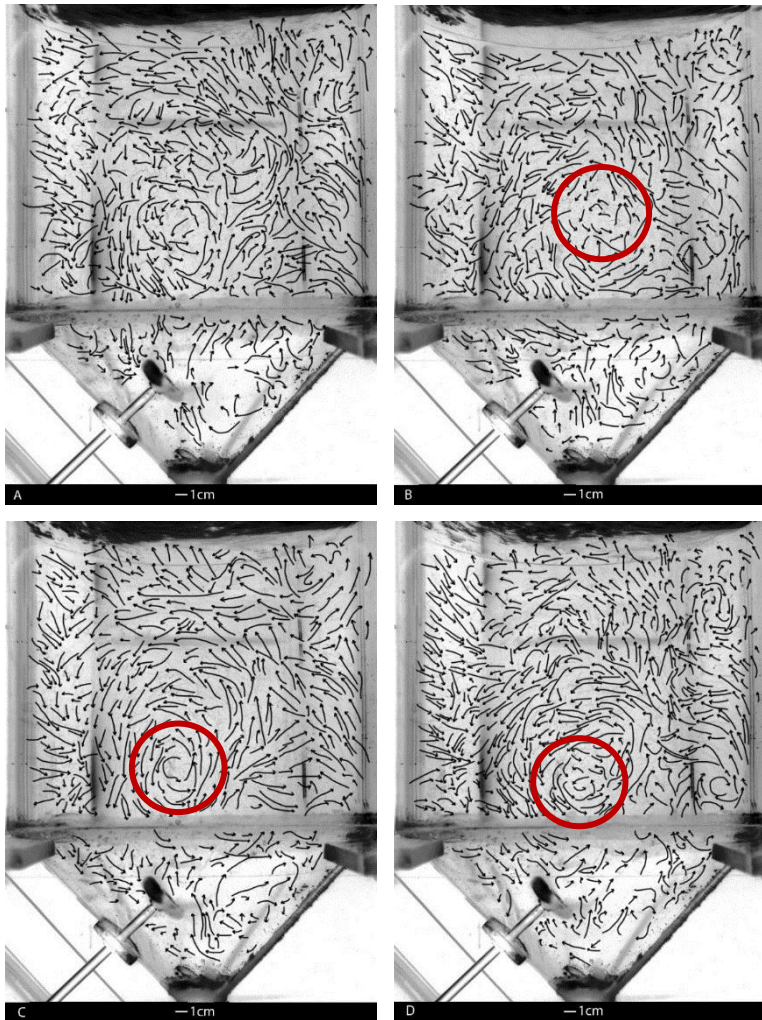
Dibawah ini merupakan *streamline* pola alir rekontruksi hasil pengamatan selama 3 detik dengan *impeller* 3-daun berdiameter 4,25 cm pada kecepatan 700 rpm, 1000 rpm dan 1300 rpm. Pada kecepatan ini, pergerakan *tracer* yang paling terlihat jelas adalah pada *shutter speed 1/3"*. Pola alir yang disajikan merupakan empat gambar yang terekam dari 10 gambar.



Gambar 4.5 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 700 rpm

Dari **Gambar 4.5**, pada saat kecepatan dinaikkan menjadi 700 rpm, terjadi perubahan pada pola alir. Pada (A) detik ke- 0,33

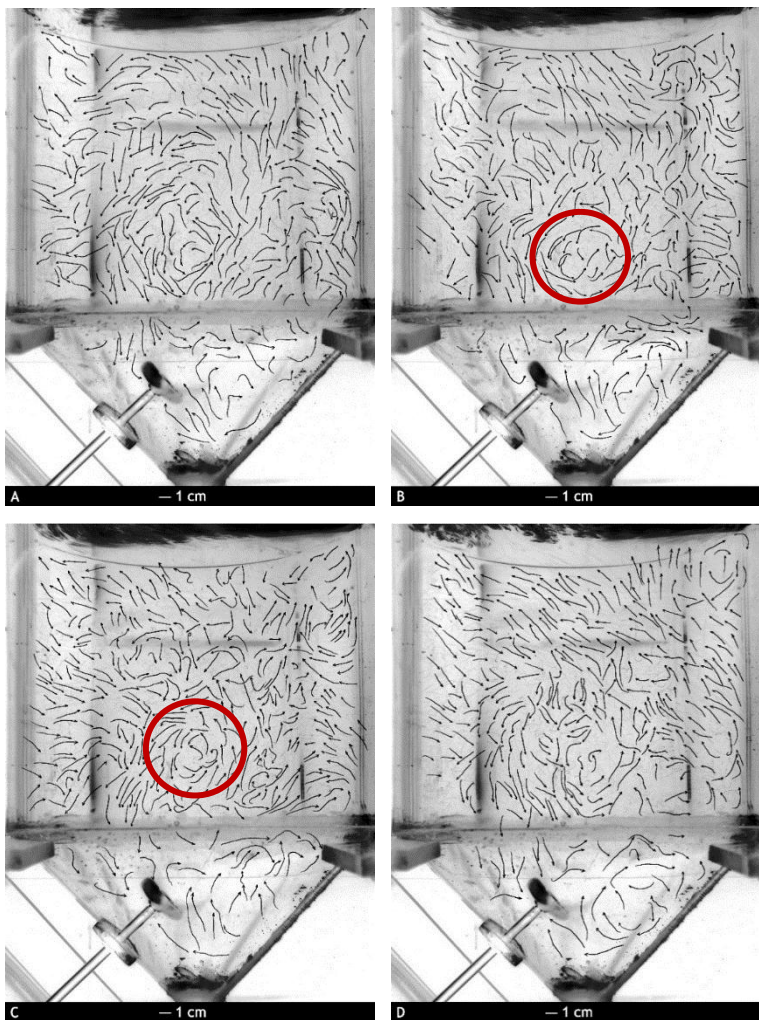
menunjukkan pola *one loop circulation* ditandai dengan adanya pusaran aliran dibagian tengah kanan tangki. Pada (B) detik ke- 1 menunjukkan pola *one loop circulation* ditandai dengan ditemukannya daerah memutar membentuk seperti pusaran aliran pada bagian tengah kiri tangki dan posisinya lebih dibawah dibandingkan dengan (A). Pada (C) detik ke- 2 posisi pusaran aliran berada pada bagian tengah kiri tangki namun lebih dibawah jika dibandingkan dengan (B). Pada (D) detik ke- 3 pola menunjukkan pola *quick return flow* dimana *discharge stream* dari *impeller* yang menabrak dinding tangki mengarah kembali ke *impeller*.



Gambar 4.6 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 1000 rpm

Dari **Gambar 4.6** ,pada saat kecepatan dinaikkan menjadi 1000 rpm, terjadi perubahan pada pola alir dimana pada (A) detik

ke- 0,33 menunjukkan pola *quick return flow*. Pada (B) detik ke- 1 menunjukkan pola *one loop circulation* dengan posisi pusaran aliran pada bagian tengah kanan. Pada (C) detik ke- 2 posisi pusaran aliran berada pada bagian tengah kiri tangki namun lebih dibawah jika dibandingkan dengan (B). Pada (D) detik ke- 3 pola menunjukkan *one loop circulation* dimana posisi pusaran aliran berada pada bagian tengah tangki dan lebih dibawah jika dibandingkan dengan (C).



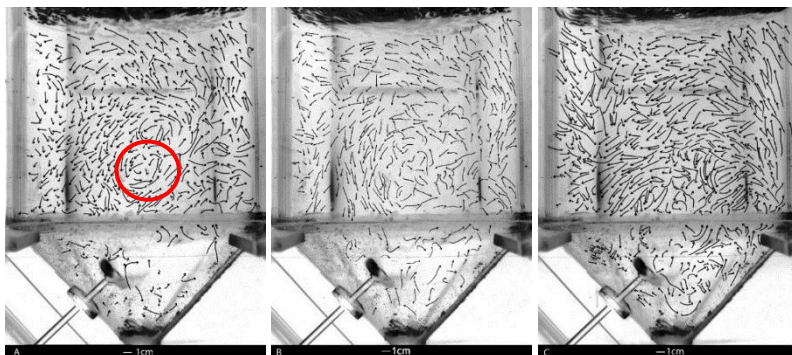
Gambar 4.7 Pola Aliran 3-Blade Propeller dengan Kecepatan Impeller 1300 rpm

Dari **Gambar 4.7**, pada saat kecepatan dinaikkan menjadi 1300 rpm, pada (A) detik ke- 0,33 menunjukkan pola *quick return flow*. Pada (B) detik ke- 1 menunjukkan adanya *one loop circulation* ditandai dengan ditemukannya daerah memutar membentuk seperti pusaran aliran pada bagian tengah tangki. Pada (C) detik ke- 2 pusaran aliran terlihat pada bagian tengah tangki namun posisinya lebih diatas dibandingkan dengan (B) namun pada (D) detik ke- 3 pusaran aliran tidak terlihat lagi.

Secara umum pola alir membentuk *one loop circulation*, yang mana aliran keluaran *discharge impeller* bergerak menuju dinding tangki, kemudian sebagian bersirkulasi naik ke atas, sebagian yang lain ada yang kembali ke daerah *impeller*. Aliran yang naik ke atas bergerak menyamping ke arah dinding tangki lain kemudian berbelok ke bawah menuju daerah *impeller*. Meskipun demikian, ada beberapa pola aliran yang menunjukkan ketidakseragaman. Sebagian pola alir segera berbelok setelah menabrak dinding dan menuju bagian tengah tangki, lalu tidak kembali ke daerah *impeller* namun langsung bersirkulasi kembali.

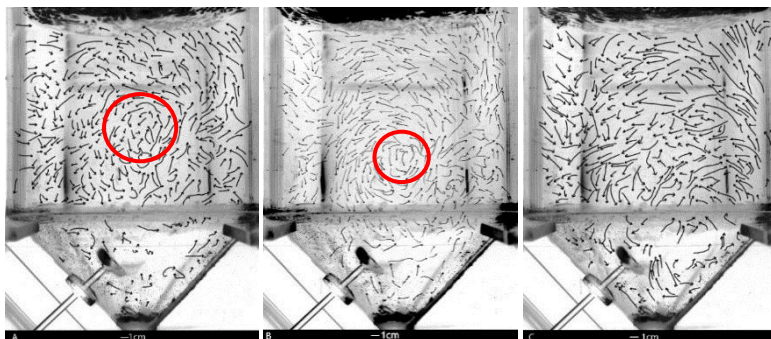
4.2 Pengaruh Kecepatan Putar Impeller Terhadap Pola Alir

Setiap kecepatan putar impeller yang diberikan, akan memberikan pengaruh terhadap perubahan pola alir yang terjadi. Perubahan pola alir tersebut, terlihat jelas pada letak *circulation core* atau inti dari sirkulasi. Streamline dari fenomena tersebut dapat dilihat dari gambar-gambar berikut.



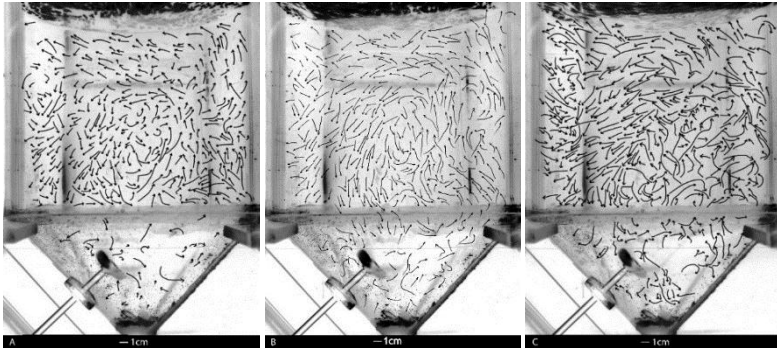
Gambar 4.8 Pola Aliran 3- Blade Propeller pada detik ke- 0,77 ;N= (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm

Untuk kecepatan putar *impeller* 275 rpm, 375 rpm, dan 475 rpm dapat dilihat dari **Gambar 4.8** bahwa masih terlihatnya daerah stagnan pada permukaan tangki di sisi kiri, dinding tangki pada bagian kiri dan di sekitar perbatasan antara silinder dan konis. Hal ini ditandai dengan pergerakan *tracer* yang terbatas pada daerah stagnan. Setelah dari *discharge*, kecepatan aliran mulai menurun ketika menabrak dinding kanan tangki, lalu menuju ke permukaan. Sebagian *tracer* bersirkulasi menuju *impeller* kembali sedangkan yang lainnya stagnan di permukaan. Hal ini dikarenakan kecepatan *discharge* yang dihasilkan pada kecepatan putar rendah tidak mampu menjangkau sampai ke permukaan sehingga muncul daerah stagnan pada daerah tersebut. Pada bagian kiri tangki di sekitar perbatasan antara konis dengan silinder terdapat endapan *tracer* yang disebabkan oleh kecepatan putar *impeller* yang rendah sehingga *tracer* tidak ikut terhisap dan hanya mengalami perpindahan yang kecil.



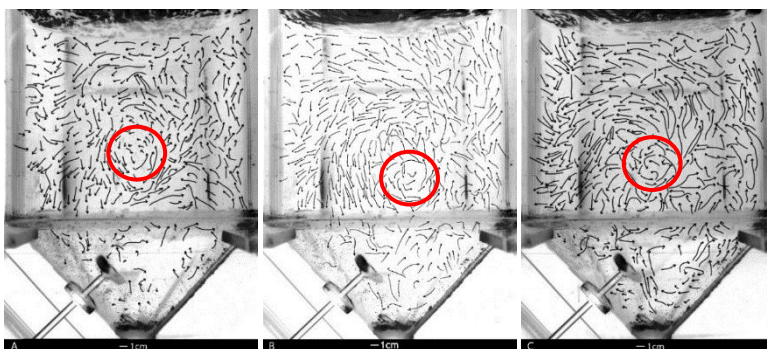
Gambar 4.9 Pola Aliran 3- Blade Propeller pada detik ke- 2,3 ;N= (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm

Dari **Gambar 4.9** , secara umum pada kecepatan 275 rpm, 375 rpm, dan 475 rpm, terlihat *circulation flow* berada di tengah tangki dan dekat dengan perbatasan antara silinder dengan konis. Pada kecepatan tersebut, terlihat setelah dari daerah *discharge*, sebagian besar *tracer* naik menuju ke permukaan kemudian kembali ke daerah *impeller* menuju daerah tengah tangki dan ada sebagian *tracer* dari daerah *discharge* menuju dinding konis bagian kanan kemudian membentuk pusaran yang kemudian akan dihisap kembali oleh *impeller* untuk didorong menuju ke permukaan. Karena kecepatan *discharge* tidak mampu mendorong *tracer* sampai ke permukaan kembali, maka aliran dari tengah bergerak menuju ke sisi kanan tangki.



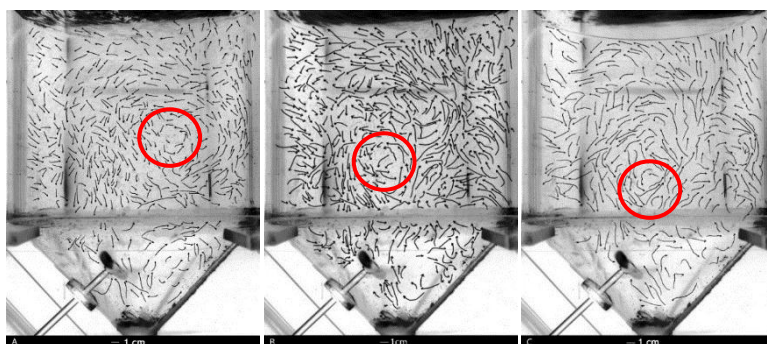
Gambar 4.10 Pola Aliran 3- *Blade Propeller* pada detik ke- 4,6 ;N= (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm

Pada kecepatan putar *impeller* 275 rpm seperti yang terlihat pada **Gambar 4.10**, letak *circulation flow* berada di tengah tangki sedangkan pada kecepatan putar 375 rpm dan 475 rpm terlihat bahwa profil *streamline* tersebar merata ke seluruh tangki. Pada detik ke- 4,6 ini masih terlihat daerah stagnan pada bagian sisi kiri tangki yang ditandai dengan perpindahan *tracer* yang kecil. Aliran yang dekat dengan dinding tangki menyerupai aliran stagnan. Kecenderungan letak *circulation flow* berada di dekat perbatasan antara silinder dengan konis.



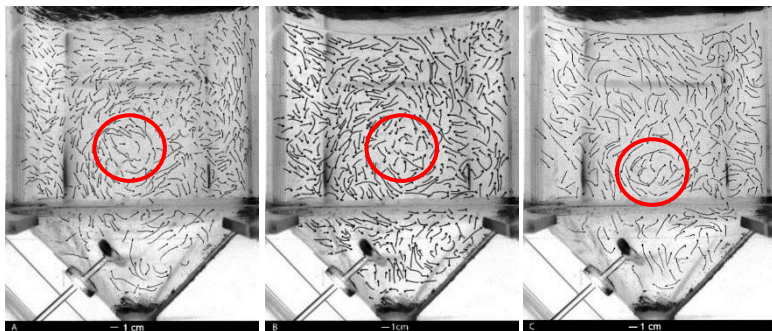
Gambar 4.11 Pola Aliran 3- *Blade Propeller* pada detik ke- 6,9 ;N= (A) 275 rpm, (B) 375 rpm, (C) 475 rpm

Dari **Gambar 4.11** ,terlihat bahwa kecenderungan letak *circulation flow* berada di tengah tangki sedikit lebih di bawah dibandingkan dengan **Gambar 4.10** Pada daerah bagian tengah dalam tangki, aliran sirkulasi relatif pelan terlihat dari panjangnya perpindahan *tracer*. Pada detik ke- 6,9 ini, terlihat bahwa perpindahan *tracer* pada bagian konis sisi kiri tempat banyak mengendapnya *tracer* mulai banyak perpindahan.



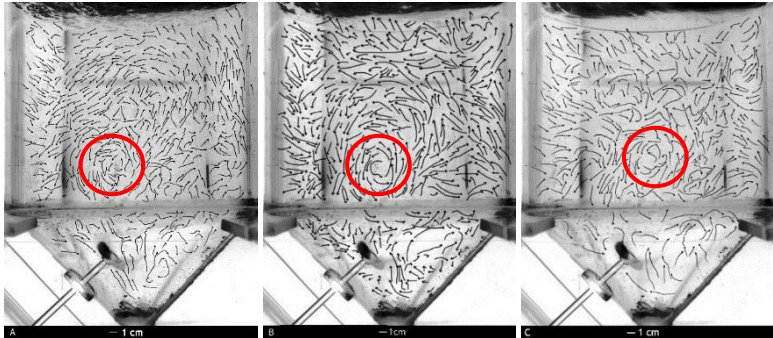
Gambar 4.12 Pola Aliran 3- *Blade Propeller* pada detik ke- 0,33 ;N= (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm

Dari **Gambar 4.12** , terlihat bahwa sudah tidak ada lagi endapan *tracer* pada bagian konis yang disebabkan oleh kecepatan putar *impeller* yang meningkat sehingga *tracer* ikut terhisap. Letak *circulation flow* pada kecepatan putar 700 rpm (A) berada di tengah tangki mendekati sisi dinding bagian kanan sedangkan pada kecepatan putar 1000 rpm, letak *circulation flow* berada di kiri lebih dibawah dibandingkan dengan (A). Dan pada kecepatan putar *impeller* 1300 rpm, letak *circulation flow* berada sedikit lebih di bawah dibandingkan dengan (B) sehingga dari kecepatan putar *impeller* 700 rpm hingga 1300 rpm mengalami penurunan. Pada kecepatan 700 rpm, 1000 rpm, dan 1300 rpm menunjukkan kecenderungan umum yang sama bahwa dengan adanya peningkatan kecepatan putar *impeller*, kecepatan aliran *discharge impeller* semakin meningkat, kecepatan di dalam tangki pun juga ikut meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan putar *impeller*, dimana semakin besar energi yang diberikan oleh motor ke *impeller* kemudia ditransfer ke fluida di dalam tangki, maka akan semakin tinggi pula energi yang diberikan kepada fluida pada aliran *discharge* sehingga fluida yang menuju ke bawah tangki akan kembali naik ke atas mengikuti dorongan dari *discharge impeller*.



Gambar 4.13 Pola Aliran 3- Blade Propeller pada detik ke- 1 ;N= (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm

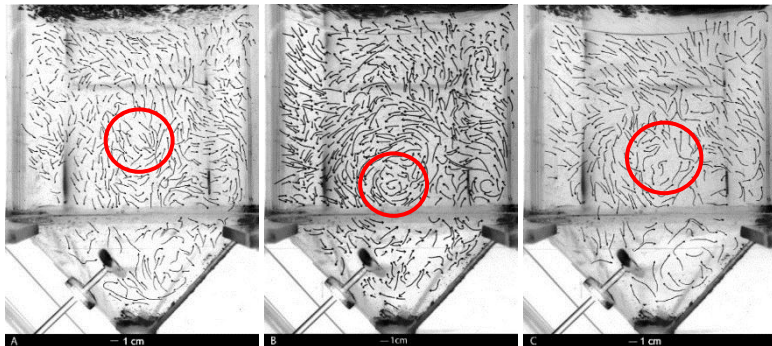
Dari **Gambar 4.13** ,dapat dilihat bahwa letak *circulation flow* saat kecepatan 700 rpm berada di tengah tangki sedangkan pada 1000 rpm, letak *circulation flow* berada di tengah tangki sedikit lebih di bawah dibandingkan dengan (A). Dan pada kecepatan putar *impeller* 1300 rpm, letak *circulation flow* berada di tengah tangki dan posisinya sedikit lebih di bawah dibandingkan dengan (B) sehingga dari (A) hingga (C), letak *circulation flow* mengalami penurunan. Daerah stagnan sudah tidak terlihat dibandingkan dengan **Gambar 4.8** sampai **Gambar 4.11** yaitu pada kecepatan putar *impeller* 275 rpm, 375 rpm, dan 475 rpm. Hal ini disebabkan karena ketika fluida yang bergerak dari daerah *discharge* kemudia menabrak dinding tangki dan menuju permukaan fluida, energi yang dimiliki pada aliran fluida akan semakin berkurang, dan ketika energi tersebut sudah habis maka fluida tidak mampu bergerak menuju sisi berlawanan arah aksial sehingga aliran fluida akan mengikuti gaya gravitasi menuju bagian bawah tangki.



Gambar 4.14 Pola Aliran 3- *Blade Propeller* pada detik ke- 2 ;N= (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm

Pada (A) kecepatan putar *impeller* 700 rpm, letak *circulation flow* berada di sebelah kiri dekat dengan perbatasan antara silinder dengan konis. Sedangkan pada kecepatan putar

impeller sebesar 1000 rpm, letak *circulation flow* berada di sisi kiri tangki dekat dengan perbatasan antara silinder dengan konis dan posisinya hampir sama jika dibandingkan dengan (A). Ketika kecepatan putar *impeller* sebesar 1300 rpm, letak *circulation flow* bergeser ke arah kanan atas lebih di atas jika dibandingkan dengan (B). Sehingga dari (A) hingga (C), letak *circulation flow* mengalami peningkatan. Untuk kecepatan 700 rpm, 1000 rpm, dan 1300 rpm akan terbentuk *vortex* jika *impeller* terlalu lama memutar fluida dalam tangki. Adanya *vortex* disebabkan tangki berpengaduk tanpa baffle, perputaran *impeller* menghasilkan *vortex* di area sekitar shaft yang berputar dimana kecepatan tangensial dominan sehingga kecepatan aksial tidak signifikan. Hal ini menimbulkan adanya aliran yang berputar pada permukaan fluida dimana kecepatan sirkulasi rendah. Sehingga pengambilan gambar tidak bisa dilakukan ketika *vortex* sudah terbentuk dikarenakan aliran fluida dalam tangki akan bergerak secara radial.



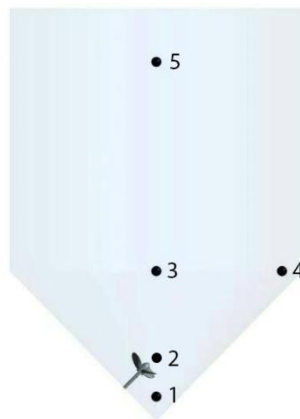
Gambar 4.15 Pola Aliran 3- Blade Propeller pada detik ke- 3 ;N= (A) 700 rpm, (B) 1000 rpm, (C) 1300 rpm

Dari **Gambar 4.15**, terlihat bahwa sudah tidak adanya daerah stagnan serta kecenderungan *circulation flow* yang berada di tengah tangki dekat dengan perbatasan antara silinder dengan konis. Pada (A), letak *circulation flow* berada di tengah tangki

sedangkan pada (B), letak *circulation flow* berada di tengah tangki dekat namun posisinya lebih di bawah jika dibandingkan dengan (A). Pada (C), posisi *circulation flow* berada di tengah tangki namun lebih di atas jika dibandingkan dengan (B) dan lebih di bawah jika dibandingkan dengan (A). Kecenderungan pola alir yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8** hingga **Gambar 4.15** dengan adanya peningkatan kecepatan dalam tangki dan perubahan letak pusaran aliran dipengaruhi oleh adanya peningkatan kecepatan *discharge impeller* yang mengakibatkan semakin meningkatnya kecepatan putar *impeller*.

4.3 Perhitungan Kecepatan Lokal

Untuk mengetahui distribusi kecepatan dalam tangki maka digunakan *sampling* pada lima titik seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.16 Titik Pengamatan Distribusi Kecepatan dalam Tangki *Conical Bottom*

Di setiap titik, diambil sebanyak tiga arah aliran yang terdapat pada gambar pola alir untuk mengetahui range kecepatan pada titik tersebut. Kecepatan dalam tangki mempengaruhi pola alir yang terjadi. Kecepatan ini sesuai dengan fenomena cepat atau

lambatnya aliran yang terlihat pada gambar pola alir. Pada daerah dekat *impeller*, kecepatan aliran lebih tinggi daripada daerah lainnya dalam tangki. Kecepatan mengalami penurunan ketika mulai menjauhi daerah *impeller*, yang kemudian menuju dinding, naik menuju permukaan fluida, dan bersirkulasi menuju daerah *impeller* kembali.

Data range kecepatan untuk setiap titik disajikan dalam tabel-tabel di bawah ini. Kecepatan *discharge impeller*

Tabel 4.1 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 0,77;
N=275 rpm

275 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0068	0.0295	0.0122	0.0068 - 0.0295
2	0.0210	0.0230	0.0118	0.0118 - 0.0230
3	0.0147	0.0421	0.0211	0.0147 - 0.0421
4	0.0209	0.022	0.0150	0.0150 - 0.0220
5	0.0137	0.0122	0.0224	0.0122 - 0.0224

Tabel 4.2 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 2,3;
N= 275 rpm

275 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0096	0.0044	0.0100	0.0044 - 0.0100
2	0.0110	0.0062	0.0261	0.0062 - 0.0261
3	0.0244	0.0295	0.0369	0.0244 - 0.0369
4	0.0098	0.0078	0.0233	0.0078 - 0.0233
5	0.0135	0.0323	0.0272	0.0135 - 0.0323

Tabel 4.3 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 4,6;
N= 275 rpm

275 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0067	0.0069	0.0082	0.0067 - 0.0082
2	0.0235	0.0096	0.0219	0.0096 - 0.0235
3	0.0208	0.0375	0.0153	0.0153 - 0.0375
4	0.0085	0.0103	0.0181	0.0085 - 0.0181
5	0.0148	0.0171	0.0150	0.0148 - 0.0171

Tabel 4.4 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 6,9;
N= 275 rpm

275 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0050	0.0049	0.0081	0.0049 - 0.0081
2	0.0159	0.0184	0.0069	0.0069 - 0.0184
3	0.0210	0.0212	0.0242	0.0210 - 0.0242
4	0.0110	0.0141	0.0172	0.0110 - 0.0172
5	0.0099	0.0108	0.0130	0.0099 - 0.0130

Tabel 4.5 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 0,77; N= 375 rpm

375 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0261	0.0281	0.0233	0.0233 - 0.0281
2	0.0181	0.0164	0.0109	0.0109 - 0.0181
3	0.0307	0.0125	0.0099	0.0099 - 0.0307
4	0.0100	0.0299	0.0278	0.0100 - 0.0299
5	0.0234	0.0126	0.0115	0.0115 - 0.0234

Tabel 4.6 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 2,3;
N= 375 rpm

375 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0154	0.0148	0.0149	0.0148 - 0.0154
2	0.0168	0.0203	0.0271	0.0168 - 0.0271
3	0.0184	0.0226	0.0362	0.0184 - 0.0362
4	0.0153	0.0163	0.0092	0.0092 - 0.0163
5	0.0199	0.0149	0.0171	0.0149 - 0.0199

Tabel 4.7 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 4,6;
N= 375 rpm

375 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0148	0.0173	0.0096	0.0096 - 0.0173
2	0.0386	0.0182	0.0137	0.0137 - 0.0386
3	0.0146	0.0243	0.0257	0.0146 - 0.0257
4	0.0214	0.0321	0.0143	0.0143 - 0.0321
5	0.0271	0.0192	0.0142	0.0142 - 0.0271

Tabel 4.8 Distribusi Kecepatan *3-Blade Propeller* Detik ke- 6,9;
N= 375 rpm

375 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0259	0.0257	0.0268	0.0257 - 0.0268
2	0.0202	0.0460	0.0185	0.0185 - 0.0460
3	0.0536	0.0182	0.0153	0.0153 - 0.0536
4	0.0318	0.0171	0.0152	0.0152 - 0.0318
5	0.0233	0.0254	0.0137	0.0137 - 0.0254

Tabel 4.9 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-0,77; N= 475 rpm

475 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0373	0.0211	0.0411	0.0211 - 0.0411
2	0.0248	0.0145	0.0135	0.0135 - 0.0248
3	0.0226	0.0261	0.0298	0.0226 - 0.0298
4	0.0080	0.0156	0.0072	0.0072 - 0.0156
5	0.0146	0.0203	0.0172	0.0146 - 0.0203

Tabel 4.10 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-2,3; N= 475 rpm

475 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0229	0.0194	0.0239	0.0194 - 0.0239
2	0.0177	0.0186	0.0405	0.0177 - 0.0405
3	0.0213	0.0374	0.0667	0.0213 - 0.0667
4	0.0079	0.0200	0.0361	0.0079 - 0.0361
5	0.0354	0.0195	0.0227	0.0195 - 0.0354

Tabel 4.11 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-4,6; N= 475 rpm

475 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0459	0.0230	0.0090	0.0090 - 0.0459
2	0.0364	0.0365	0.0231	0.0231 - 0.0365
3	0.0452	0.0181	0.0260	0.0181 - 0.0452
4	0.0213	0.0252	0.0241	0.0213 - 0.0252
5	0.0183	0.0142	0.0232	0.0142 - 0.0232

Tabel 4.12 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-6,9; N= 475 rpm

475 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0235	0.0080	0.0204	0.0080 - 0.0235
2	0.0400	0.0311	0.0162	0.0162 - 0.0400
3	0.0610	0.0469	0.0306	0.0306 - 0.0610
4	0.0158	0.0150	0.0216	0.0150 - 0.0216
5	0.0243	0.0395	0.0360	0.0243 - 0.0395

Tabel 4.13 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-0,33; N= 700 rpm

700 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0273	0.0434	0.0396	0.0273 - 0.0434
2	0.0562	0.0449	0.0407	0.0407 - 0.0562
3	0.1490	0.0586	0.0404	0.0404 - 0.1490
4	0.0252	0.0391	0.0321	0.0252 - 0.0391
5	0.0253	0.0349	0.0336	0.0253 - 0.0349

Tabel 4.14 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 1; N= 700 rpm

700 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0616	0.0721	0.0388	0.0388 - 0.0721
2	0.1055	0.0516	0.0599	0.0516 - 0.1055
3	0.0546	0.0541	0.0434	0.0434 - 0.0546
4	0.0358	0.0508	0.0312	0.0312 - 0.0508
5	0.0299	0.0356	0.0384	0.0299 - 0.0384

Tabel 4.15 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 2;
N= 700 rpm

700 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0544	0.0509	0.0468	0.0468 - 0.0544
2	0.0646	0.0406	0.0418	0.0406 - 0.0646
3	0.0661	0.0910	0.0514	0.0514 - 0.0910
4	0.0416	0.0301	0.0340	0.0301 - 0.0416
5	0.0500	0.0394	0.0369	0.0394 - 0.0500

Tabel 4.16 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 3;
N= 700 rpm

700 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0628	0.1023	0.0956	0.0628 - 0.1023
2	0.0259	0.0849	0.0464	0.0259 - 0.0849
3	0.0550	0.0844	0.0380	0.0380 - 0.0844
4	0.0510	0.0292	0.0427	0.0292 - 0.0510
5	0.0502	0.0388	0.0321	0.0321 - 0.0502

Tabel 4.17 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 0,33; N= 1000 rpm

1000 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0902	0.0905	0.0483	0.0483 - 0.0905
2	0.0914	0.0883	0.0301	0.0301 - 0.0914
3	0.0816	0.0848	0.1579	0.0816 - 0.1579
4	0.0899	0.0640	0.0784	0.0640 - 0.0899
5	0.0474	0.0652	0.0642	0.0474 - 0.0652

Tabel 4.18 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 1;
N= 1000 rpm

1000 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0377	0.0375	0.0488	0.0375 - 0.0488
2	0.0673	0.0459	0.0404	0.0404 - 0.0673
3	0.0927	0.0705	0.1056	0.0705 - 0.1056
4	0.0581	0.0872	0.0531	0.0531 - 0.0872
5	0.0885	0.0577	0.1033	0.0577 - 0.1033

Tabel 4.19 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 2;
N= 1000 rpm

1000 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.1032	0.0469	0.0475	0.0469 - 0.1032
2	0.0375	0.0288	0.0405	0.0288 - 0.0405
3	0.1167	0.0521	0.0607	0.0521 - 0.1167
4	0.0708	0.0799	0.0389	0.0389 - 0.0799
5	0.0803	0.0621	0.0480	0.0480 - 0.0803

Tabel 4.20 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 3;
N= 1000 rpm

1000 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0305	0.0603	0.0596	0.0305 - 0.0603
2	0.1190	0.0646	0.0359	0.0359 - 0.1190
3	0.1367	0.0826	0.0486	0.0486 - 0.1367
4	0.0572	0.0479	0.1260	0.0479 - 0.1260
5	0.0680	0.0481	0.0251	0.0251 - 0.0680

Tabel 4.21 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke-0,33; N= 1300 rpm

1300 RPM (A)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0702	0.0821	0.0940	0.0702 - 0.0940
2	0.0585	0.0611	0.0884	0.0585 - 0.0884
3	0.1049	0.0958	0.0513	0.0513 - 0.1049
4	0.0804	0.0596	0.0456	0.0456 - 0.0804
5	0.0705	0.0275	0.0459	0.0275 - 0.0705

Tabel 4.22 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 1; N= 1300 rpm

1300 RPM (B)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0822	0.0339	0.0411	0.0339 - 0.0822
2	0.1084	0.0580	0.0606	0.0580 - 0.1084
3	0.0681	0.0354	0.0333	0.0333 - 0.0681
4	0.0402	0.0419	0.0505	0.0402 - 0.0505
5	0.0576	0.0469	0.0443	0.0443 - 0.0576

Tabel 4.23 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 2; N= 1300 rpm

1300 RPM (C)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.0900	0.0891	0.0431	0.0431 - 0.0900
2	0.0704	0.0874	0.0563	0.0563 - 0.0874
3	0.1187	0.0579	0.0549	0.0549 - 0.1187
4	0.0576	0.0697	0.0546	0.0546 - 0.0697
5	0.0785	0.0486	0.0352	0.0352 - 0.0785

Tabel 4.24 Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* Detik ke- 3;
N= 1300 rpm

1300 RPM (D)				
Titik Pengamatan	Kecepatan (m/s)			Range Kecepatan (m/s)
1	0.1018	0.0441	0.0891	0.0441 - 0.1018
2	0.0439	0.0975	0.0893	0.0439 - 0.0975
3	0.0462	0.0807	0.0567	0.0462 - 0.0807
4	0.0612	0.0645	0.0267	0.0267 - 0.0645
5	0.0606	0.0417	0.0704	0.0417 - 0.0704

Dari seluruh data distribusi kecepatan diatas, maka untuk setiap kecepatan dan setiap titiknya dapat dibuat range kecepatan seperti tabel yang akan disajikan berikut.

Tabel 4.25 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk
N=275 rpm

275 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0044 - 0.0295
2	0.0062 - 0.0261
3	0.0147 - 0.0421
4	0.0078 - 0.0233
5	0.0099 - 0.0323

Tabel 4.26 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk
N=375 rpm

375 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0096 - 0.0281
2	0.0109 - 0.0460
3	0.0099 - 0.0536
4	0.0092 - 0.0321
5	0.0115 - 0.0271

Tabel 4.27 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk
N=475 rpm

475 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0080 - 0.0459
2	0.0135 - 0.0405
3	0.0181 - 0.0667
4	0.0072 - 0.0361
5	0.0142 - 0.0395

Tabel 4.28 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk
N=700 rpm

700 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0273 - 0.1023
2	0.0259 - 0.1055
3	0.0380 - 0.1490
4	0.0252 - 0.0510
5	0.0253 - 0.0502

Tabel 4.29 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk
N=1000 rpm

1000 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0305 - 0.1032
2	0.0288 - 0.1190
3	0.0486 - 0.1579
4	0.0389 - 0.1260
5	0.0251 - 0.1003

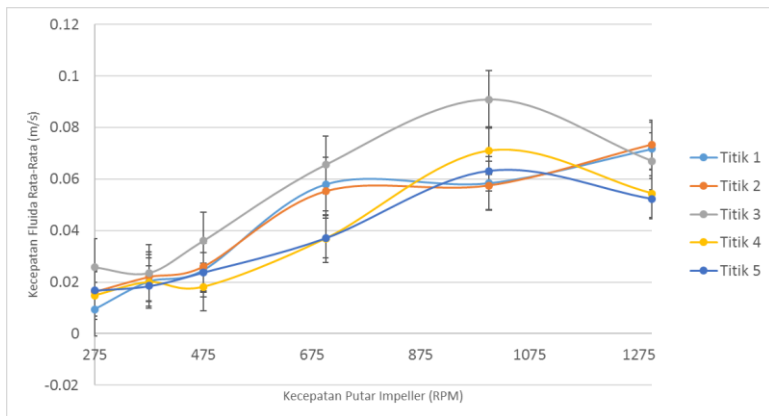
Tabel 4.30 Range Distribusi Kecepatan 3-*Blade Propeller* untuk N=1300 rpm

1300 RPM	
Titik Pengamatan	Range Kecepatan (m/s)
1	0.0339 - 0.1018
2	0.0439 - 0.1084
3	0.0333 - 0.1087
4	0.0267 - 0.0804
5	0.0275 - 0.0785

Dengan mengambil rata-rata dari nilai range kecepatan diatas, maka dapat dibuat tabulasi standar deviasi pada **Tabel 4.31**.

Tabel 4.31 Mean dan Standar Deviasi Kecepatan pada 5 Titik

Kecepatan Putar Impeller (RPM)	Titik Pengamatan				
	1	2	3	4	5
275	0.0094	0.0163	0.0257	0.0148	0.0168
375	0.0202	0.0221	0.0235	0.0200	0.0185
475	0.0246	0.0261	0.0360	0.0181	0.0238
700	0.0580	0.0552	0.0655	0.0369	0.0371
1000	0.0584	0.0575	0.0909	0.0710	0.0632
1300	0.0717	0.0733	0.0670	0.0544	0.0523
Standar Deviasi	0.02876	0.027429	0.033417	0.024151	0.02092



Gambar 4.17 Kecepatan 3-Blade Propeller 5 Titik Pengamatan dari Kecepatan Putar *Impeller* 275 rpm hingga 1300 rpm

Pada titik pengamatan 1, terjadi peningkatan kecepatan fluida dari kecepatan putar *impeller* 275 rpm sebesar 0,0094 m/s ke kecepatan putar *impeller* 375 rpm dengan kecepatan fluida sebesar 0,0202 m/s. Setelah kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 475 rpm, kecepatan fluida meningkat menjadi 0,0246 m/s. Ketika kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 700 rpm, kecepatan fluida meningkat pesat menjadi 0,0580 m/s. Pada kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 1000 rpm, kecepatan fluida meningkat menjadi 0,0584 m/s dan saat kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 1300 rpm, kecepatan fluida kembali mengalami peningkatan menjadi 0,0717 m/s. Sehingga untuk titik pengamatan 1, kecepatan fluida terus meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan putar *impeller*.

Pada titik pengamatan 2, kecepatan fluida mengalami peningkatan seiring bertambahnya kecepatan putar *impeller* dari 275 rpm hingga 1300 rpm dengan kecepatan fluida 0,0163 m/s hingga menjadi 0,0733 m/s. Kecepatan fluida meningkat pesat dari kecepatan putar *impeller* 475 rpm ke 700 rpm yaitu dari kecepatan fluida sebesar 0,0261 m/s menjadi 0,0552 m/s.

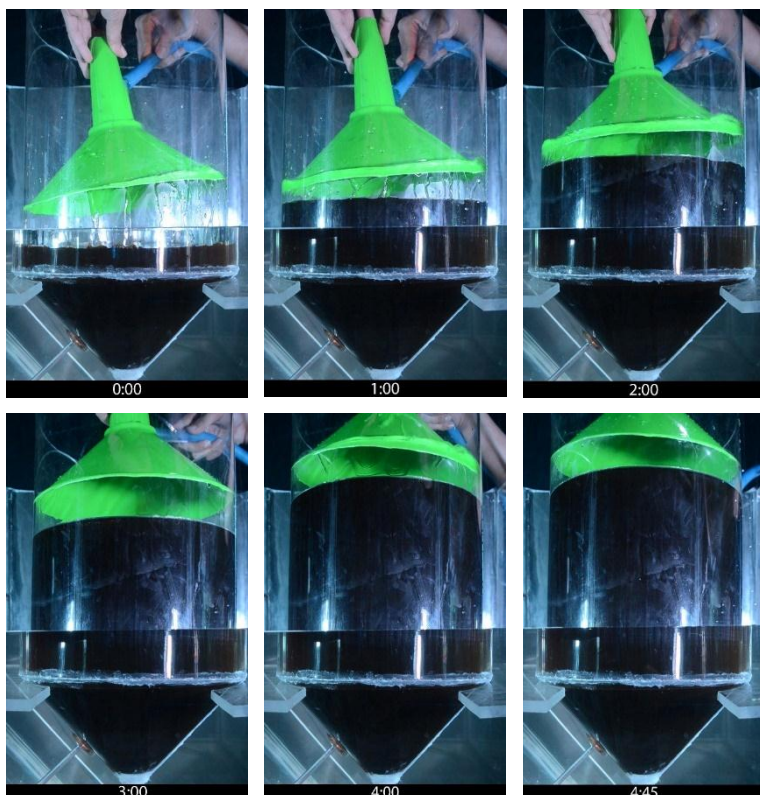
Pada titik pengamatan 3, kecepatan fluida mengalami penurunan dari kecepatan *impeller* 275 rpm ke kecepatan 375 rpm yaitu dari 0,0257 m/s menjadi 0,0235 m/s. Selanjutnya, kecepatan fluida mengalami peningkatan dari kecepatan putar *impeller* 375 rpm hingga 1000 rpm menjadi sebesar 0,0909 m/s. Namun ketika kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 1300 rpm, kecepatan fluida mengalami penurunan menjadi 0,0670 m/s.

Pada titik pengamatan 4, kecepatan fluida mengalami kenaikan kecepatan pada kecepatan 375 rpm dari 275 rpm menjadi 0,0200 m/s. Setelah kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 475 rpm, kecepatan fluida turun menjadi 0,0181 m/s. Selanjutnya dari kecepatan putar *impeller* 475 rpm hingga 1000 rpm mengalami peningkatan menjadi 0,0710 m/s namun kecepatan fluida kembali turun ketika kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 1300 rpm menjadi 0,0544 m/s.

Pada titik pengamatan 5, kecepatan fluifa pada batas bawah mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kecepatan putar *impeller* dari 275 rpm hingga 1000 yaitu dari 0,0168 m/s hingga menjadi 0,0632 m/s. Kecepatan fluida mengalami penurunan ketika kecepatan putar *impeller* ditingkatkan menjadi 1300 rpm menjadi 0,0523 m/s. Pada pengamatan secara umum, *trend* dari kedua grafik menunjukkan *trend* positif yang berarti kecepatan fluida di kelima titik cenderung meningkat seiring dengan kenaikan variabel kecepatan putar *impeller*. Untuk kecepatan putar *impeller* 275 rpm hingga 1300 rpm, kecepatan fluida paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 sedangkan kecepatan fluida paling rendah berada pada titik pengamatan 5 yaitu pada permukaan fluida.

4.4 Distribusi Molasses

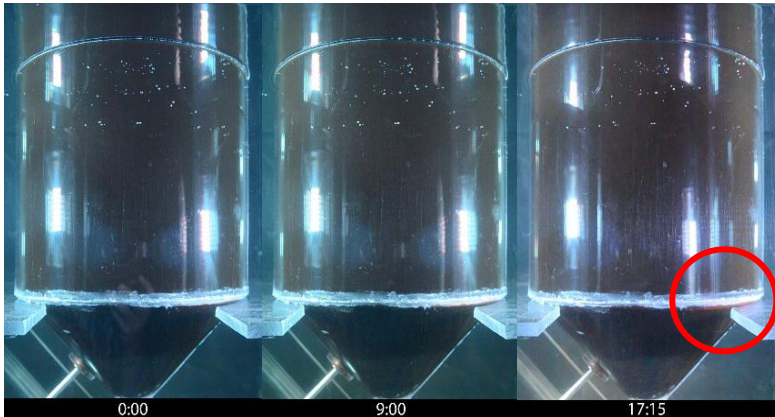
Pada penelitian distribusi molasses dengan air, molasses dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tangki *conical bottom* hingga mencapai ketinggian 0,158 m dari dasar konis. Molasses dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tangki *conical bottom* dikarenakan molasses memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan dengan air. Selanjutnya, tangki diisi dengan air hingga mencapai ketinggian 0,235 m dari permukaan fluida molasses. Air dimasukkan ke dalam tangki dengan corong yang memiliki diameter sedikit lebih kecil dari diameter tangki agar sela pada corong dan dinding tangki dapat dialiri air secara perlahan sehingga hanya sedikit bagian dari molasses yang bercampur dengan air karena berkurangnya tekanan dari air terhadap molasses. Pengisian air ke dalam tangki *conical bottom* kurang lebih memakan waktu lima menit. Berikut disajikan gambar pengisian tangki dengan air.



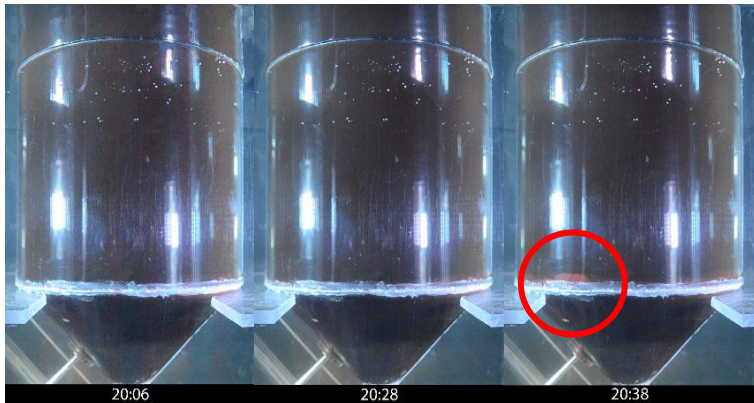
Gambar 4.18 Proses Pengisian Air ke dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Menggunakan Corong

Pada pengamatan dengan kecepatan *impeller* sebesar 700 rpm, perubahan kontur molasses mulai terlihat pada menit ke- 17:15 ditandai dengan munculnya warna coklat kemerahan sebagai hasil campuran dari molasses dan air pada sisi kanan tangki. Selanjutnya pada menit ke- 20:38, terjadi perubahan kontur molasses pada sisi kiri tangki ditandai dengan adanya gejala berwarna coklat kemerahan. Perubahan kontur molasses mulai terlihat merata di bagian atas konis pada menit ke- 21:00. Pada

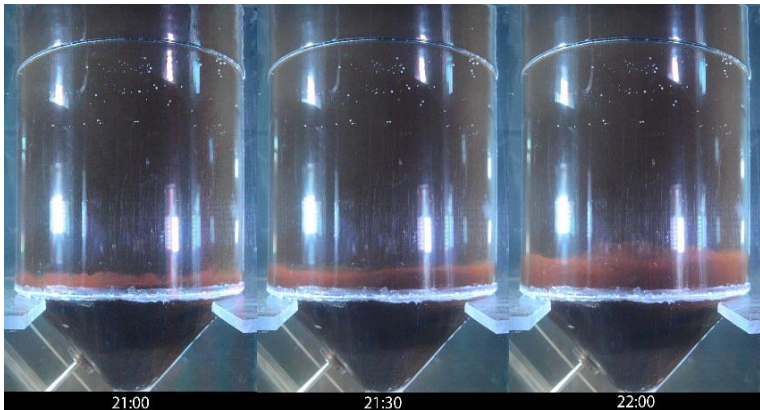
waktu pencampuran menit ke- 36:00, campuran molasses dengan air sudah mencapai permukaan fluida namun pencampuran belum selesai terjadi karena masih adanya molasses warna coklat tua yang menempel pada bagian dasar tangki. Pencampuran molasses dengan air selesai pada menit ke- 37:45 dimana tidak ada lagi molasses yang masih menempel pada bagian dasar tangki dan seluruh fluida di dalam tangki berwarna coklat kemerahan maka pada saat inilah proses pencampuran telah dianggap sempurna dan waktu selama berlangsungnya proses pencampuran disebut sebagai waktu pencampuran.



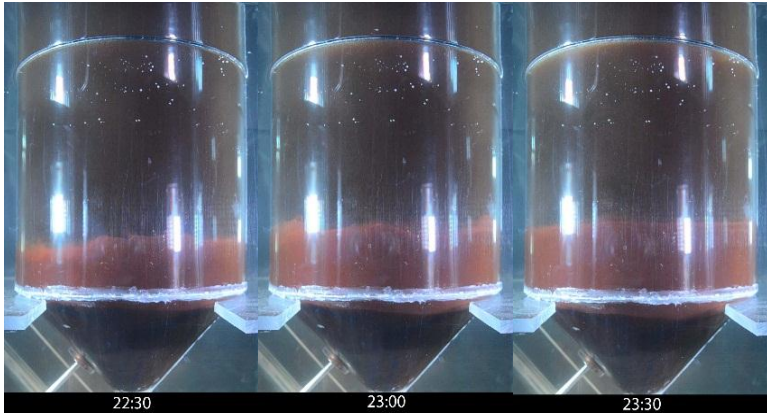
Gambar 4.19 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 0:00 ; 9:00 ; 17:15



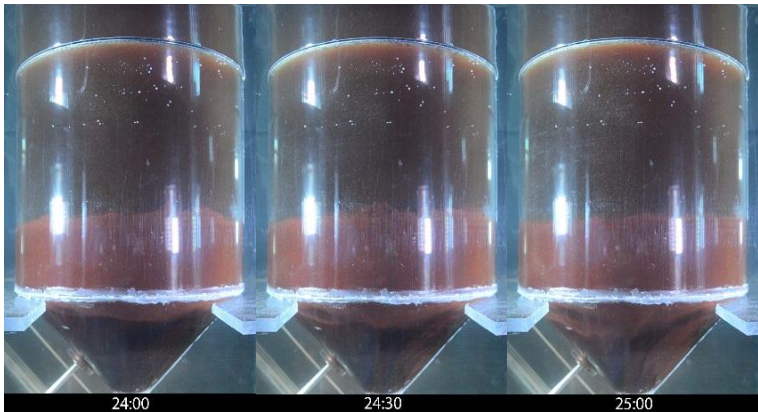
Gambar 4.20 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 20:06 ; 20:28 ; 20:38



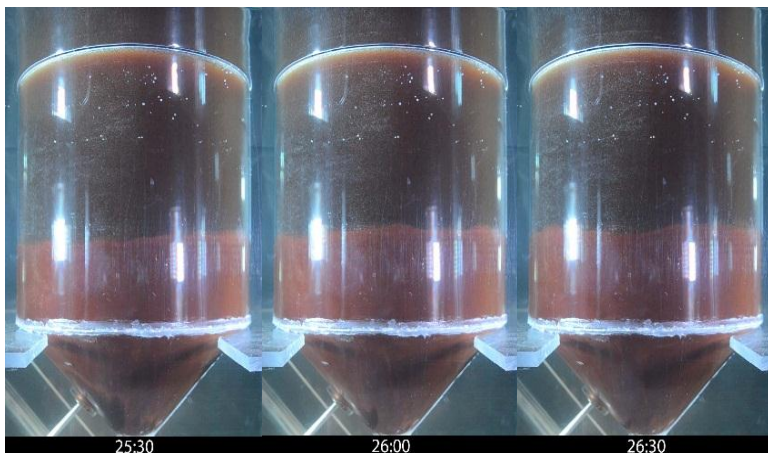
Gambar 4.21 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 21:00 ; 21:30 ; 22:00



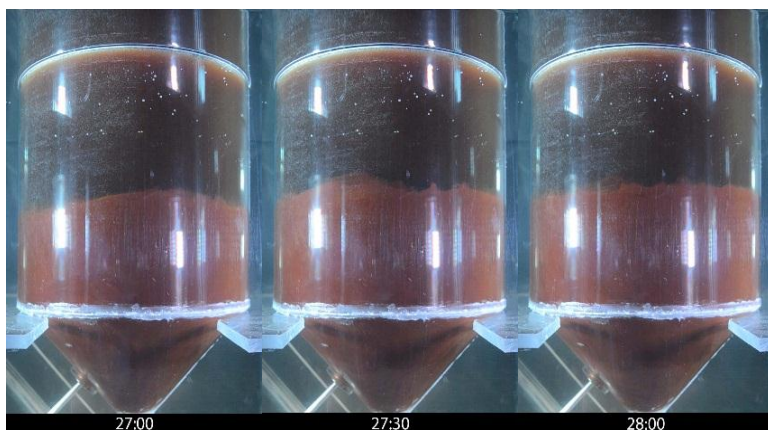
Gambar 4.22 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 22:30 ; 23:00 ; 23:30



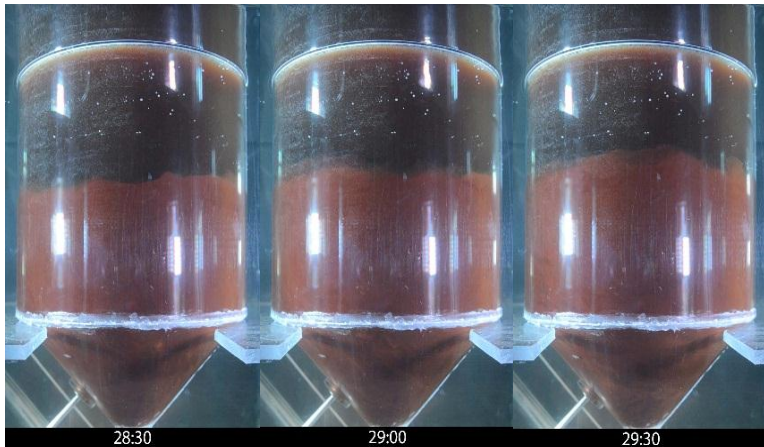
Gambar 4.23 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 24:00 ; 24:30 ; 25:00



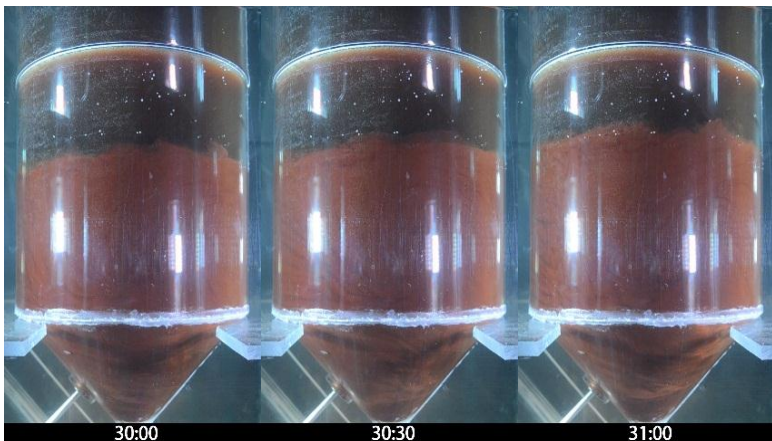
Gambar 4.24 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 25:30 ; 26:00 ; 26:30



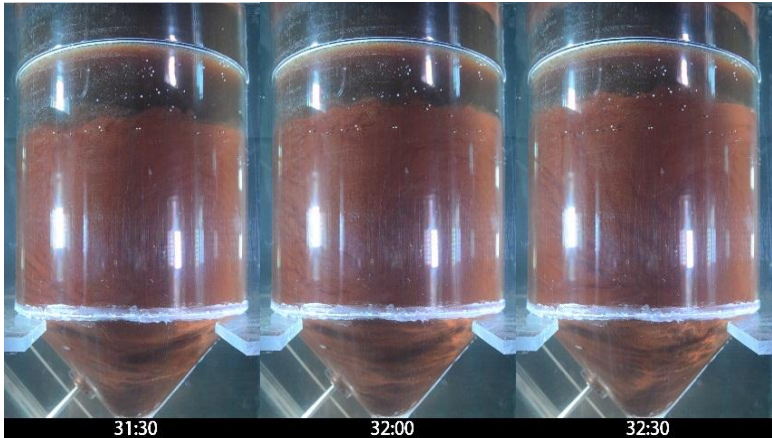
Gambar 4.25 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 27:00 ; 27:30 ; 28:00



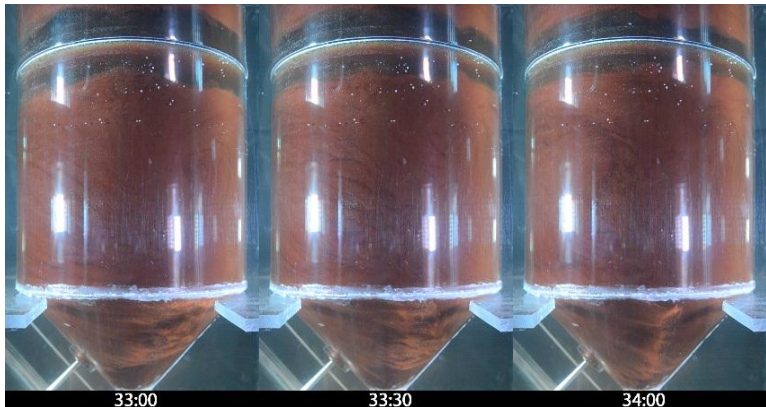
Gambar 4.26 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 28:30 ; 29:00 ; 29:30



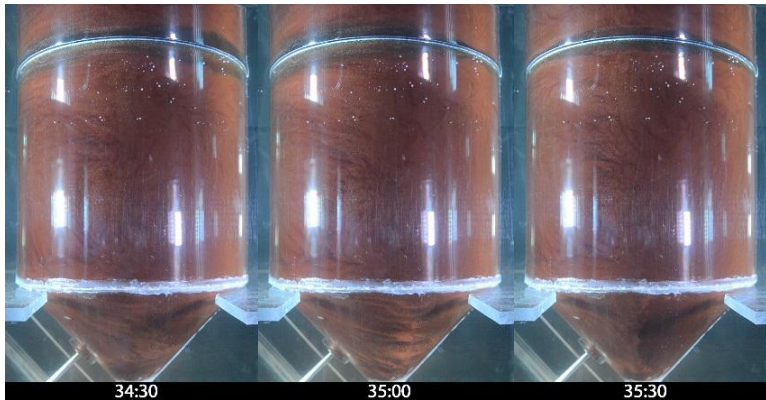
Gambar 4.27 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 30:00 ; 30:30 ; 31:00



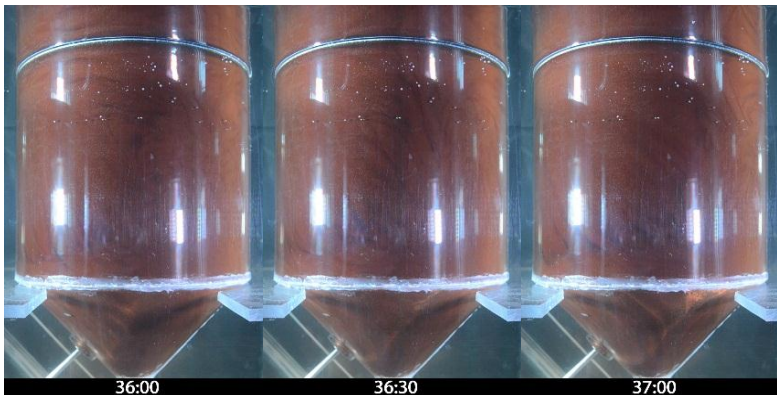
Gambar 4.28 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 31:30 ; 32:00 ; 32:30



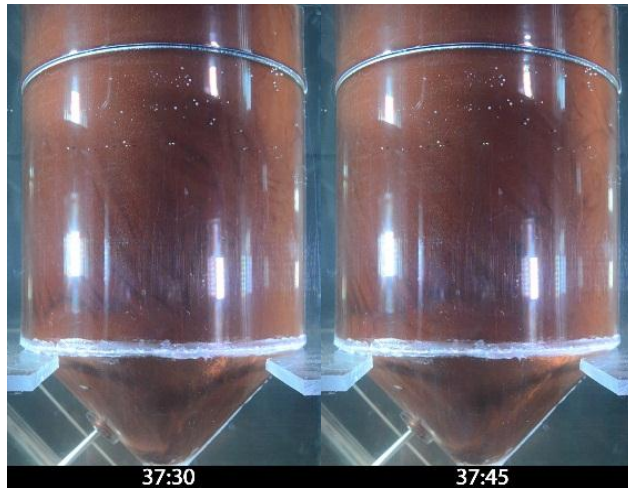
Gambar 4.29 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 33:00 ; 33:30 ; 34:00



Gambar 4.30 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 34:30 ; 35:00 ; 35:30

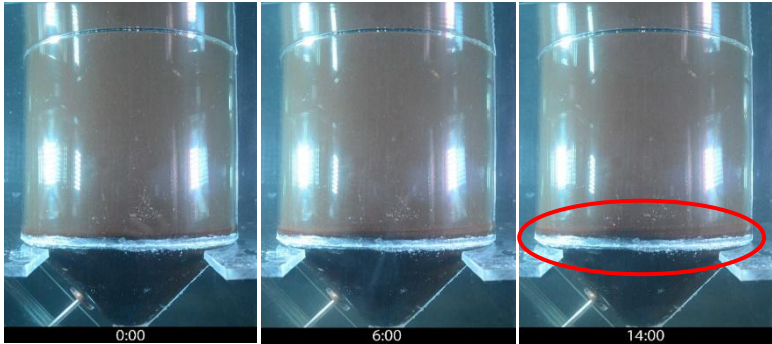


Gambar 4.31 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 36:00 ; 36:30 ; 37:00

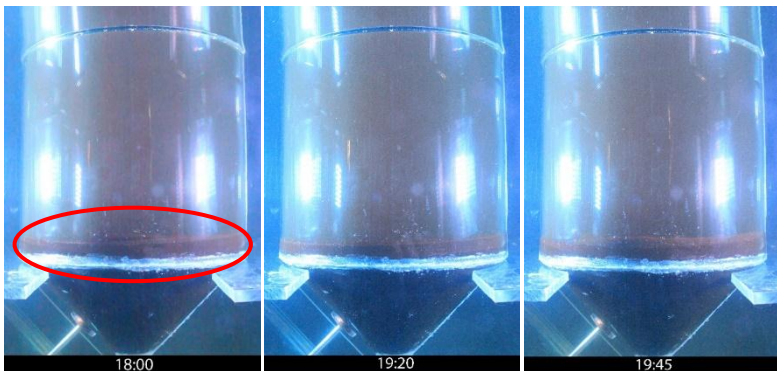


Gambar 4.32 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 700 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 37:30 ; 37:45

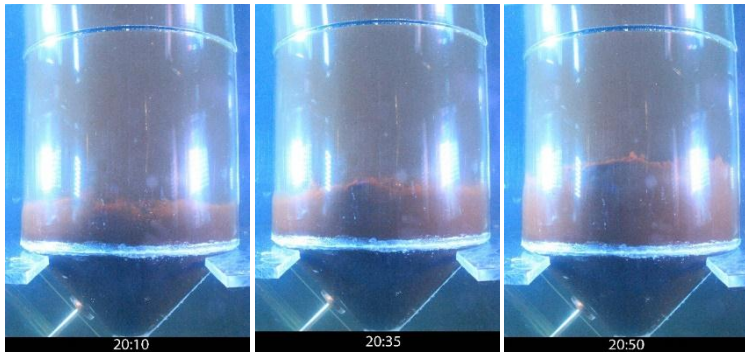
Perubahan kontur molasses pada pengamatan dengan kecepatan *impeller* sebesar 1000 rpm mulai terlihat pada menit ke- 14:00 ditandai dengan munculnya warna coklat kemerahan sebagai hasil campuran dari molasses dan air sedikit di atas permukaan perbatasan antara konis dengan silinder. Gejolak dari fluida molasses mulai muncul ketika menit ke- 19:20 ditandai dengan adanya warna coklat kemerahan yang muncul seperti gelombang pada perbatasan antara silinder dengan konis di sisi kiri tangki. Pencampuran molasses dengan air selesai pada menit ke- 28:56 dimana tidak ada lagi molasses yang masih menempel pada bagian dasar tangki ditandai dengan tidak terlihatnya warna gelap fluida molasses pada dinding konis tangki.



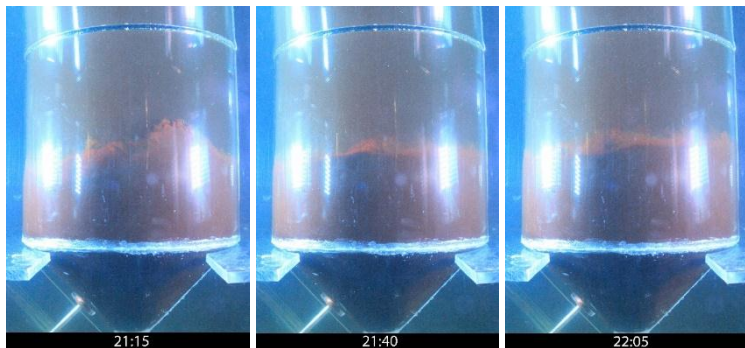
Gambar 4.33 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 00:00 ; 6:00 ; 14:00



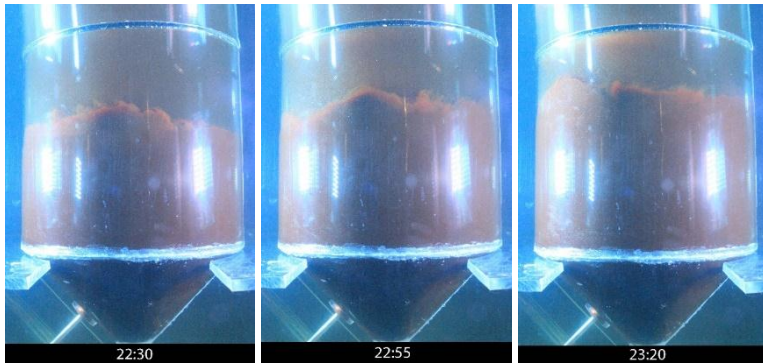
Gambar 4.34 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 18:00 ; 19:20 ; 19:45



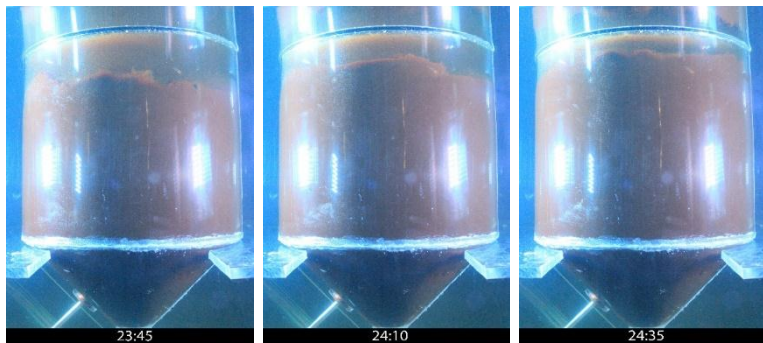
Gambar 4.35 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 20:10 ; 20:35 ; 20:50



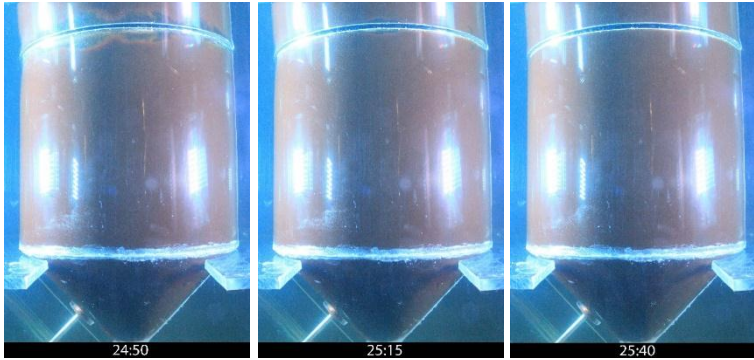
Gambar 4.36 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 21:15 ; 21:40 ; 22:05



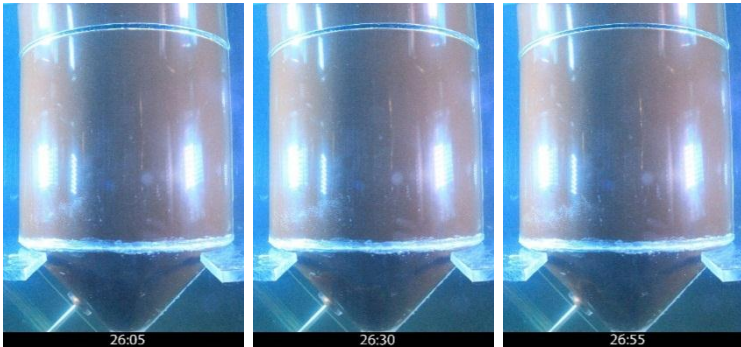
Gambar 4.37 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 22:30 ; 22:55 ; 23:20



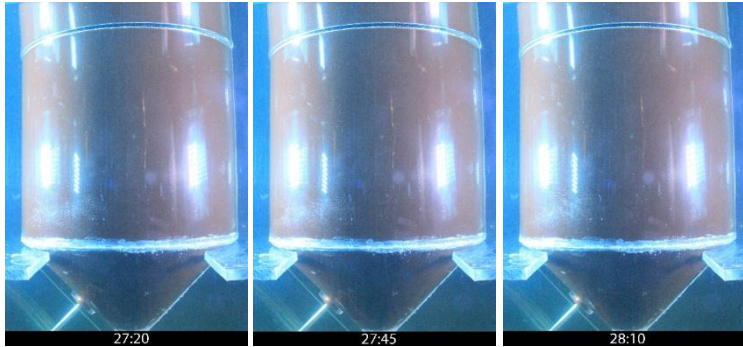
Gambar 4.38 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 23:45 ; 24:10 ; 24:35



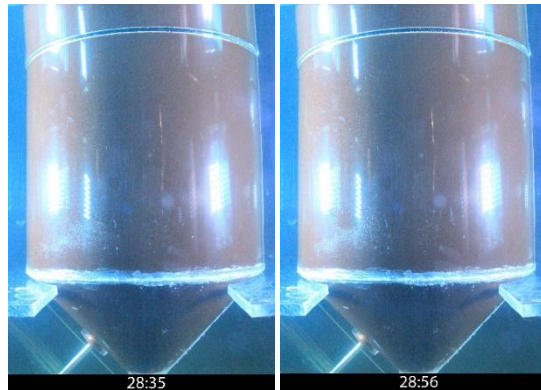
Gambar 4.39 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 24:50 ; 25:15 ; 25:40



Gambar 4.40 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 26:05 ; 26:30 ; 26:55

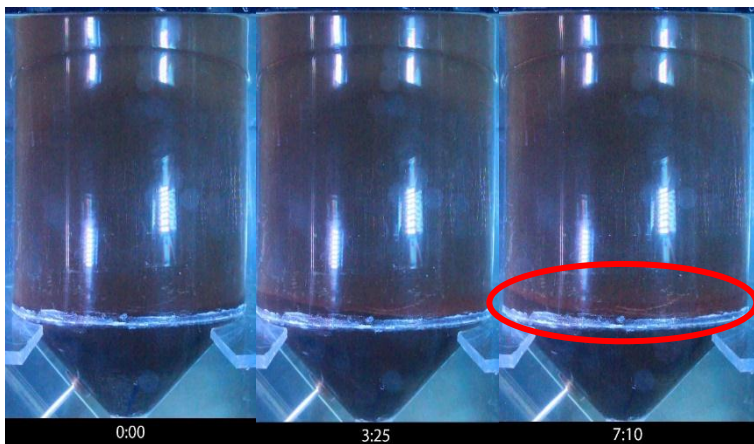


Gambar 4.41 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 27:20 ; 27:45 ; 28:10

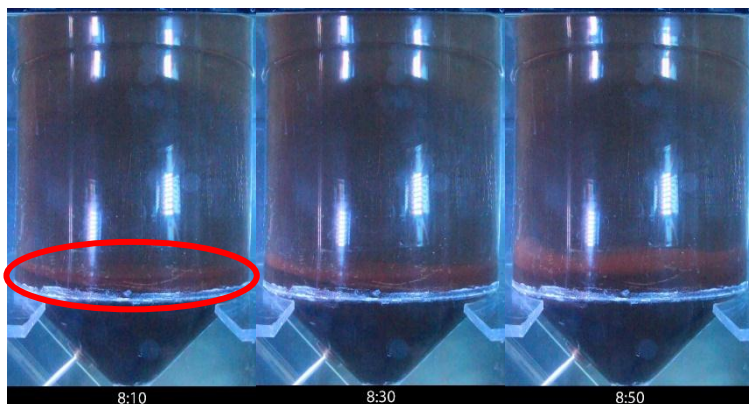


Gambar 4.42 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1000 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 28:35 ; 28:56

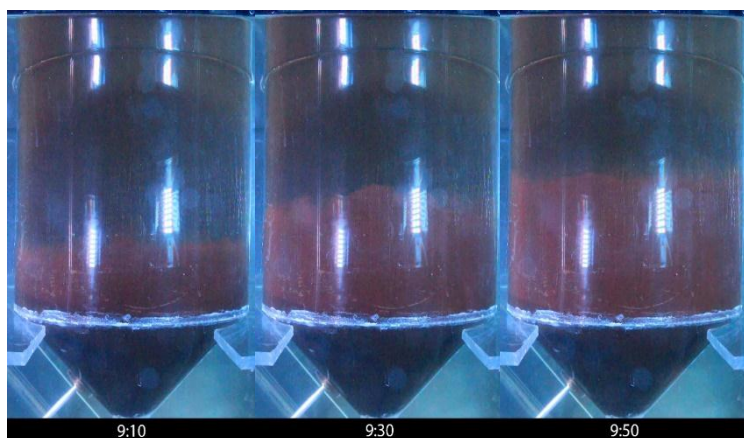
Kontur molasses pada pengamatan dengan kecepatan *impeller* sebesar 1300 rpm mulai terlihat mengalami perubahan pada menit ke- 3:25 dimana mulai terlihat gelombang dari fluida molasses serta munculnya warna coklat kemerahan sebagai hasil campuran dari molasses dan air sedikit di atas permukaan perbatasan antara konis dengan silinder pada sisi kiri tangki. Kemudian pada menit ke- 7:10, warna coklat kemerahan mulai terlihat pada bagian sisi kanan tangki di perbatasan antara konis dengan silinder. Pada menit ke- 8:10, gelombang dari molasses nampak pada seluruh bagian perbatasan konis dengan silinder. Campuran antara molasses dengan air mencapai ke permukaan pada menit ke- 10:50 namun pencampuran belum selesai terjadi karena masih terlihat warna coklat tua pada dinding konis yang menandakan bahwa molasses yang menempel pada dinding konis belum ikut tercampur. Pencampuran antara molasses dengan air selesai pada menit ke- 14:10 ketika tidak ada lagi warna coklat tua pada dinding konis yang menandakan bahwa seluruh molasses yang menempel pada konis sudah ikut bercampur dengan air.



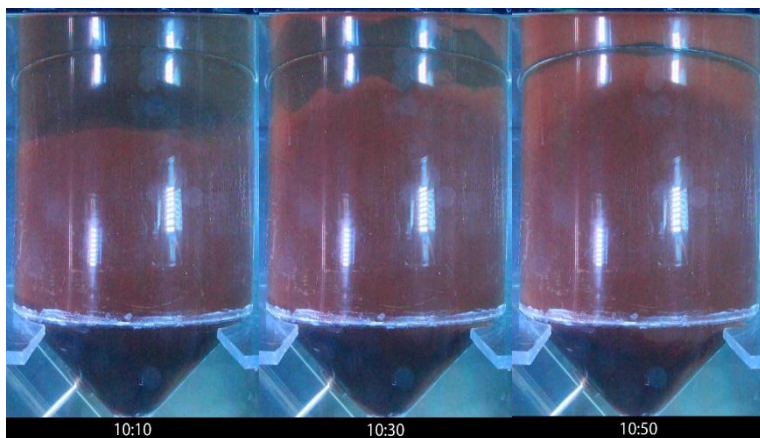
Gambar 4.43 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 00:00 ; 3:25 ; 7:10



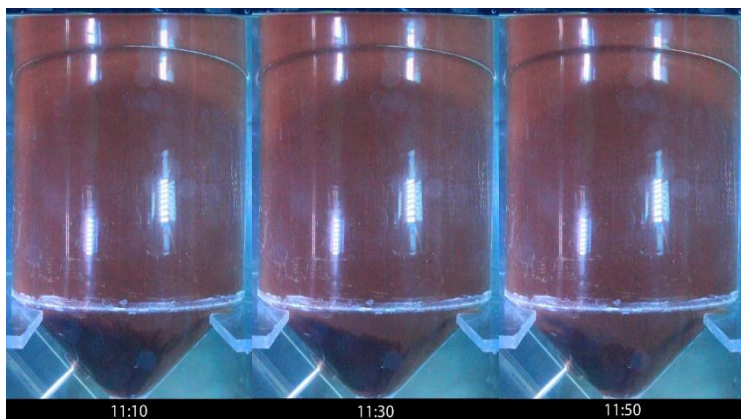
Gambar 4.44 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 8:10 ; 8:30 ; 8:50



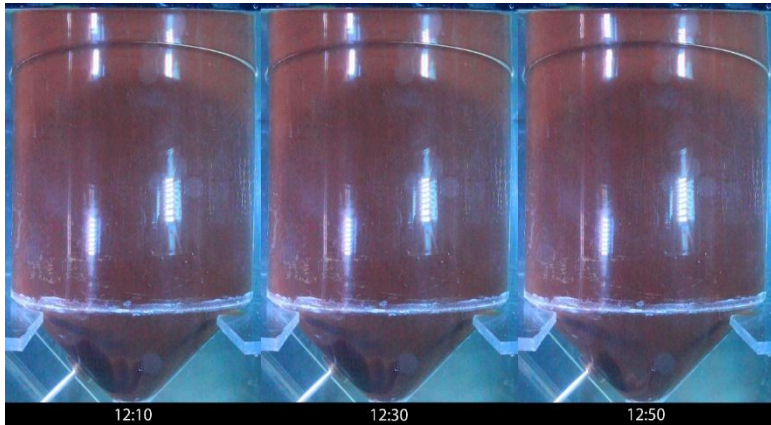
Gambar 4.45 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 9:10 ; 9:30 ; 9:50



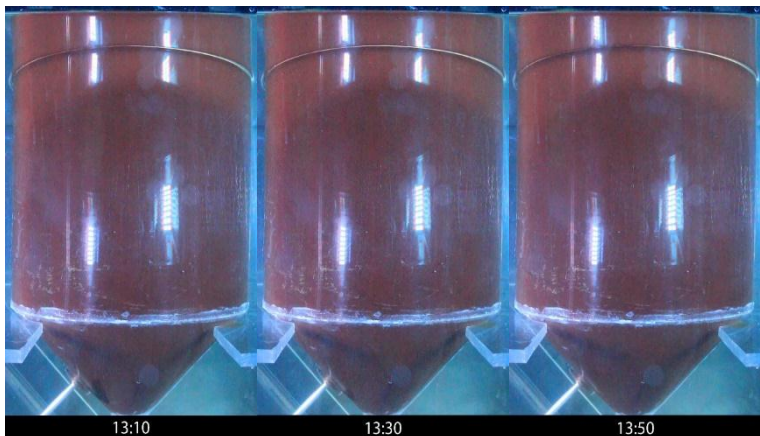
Gambar 4.46 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 10:10 ; 10:30 ; 10:50



Gambar 4.47 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 11:10 ; 11:30 ; 11:50



Gambar 4.48 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 12:10 ; 12:30 ; 12:50



Gambar 4.49 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 13:10 ; 13:30 ; 13:50



Gambar 4.50 Kontur Distribusi Molasses – Air dalam Tangki *Conical Bottom* dengan Kecepatan *Impeller* 1300 rpm pada Waktu Pencampuran Menit ke- 14:10

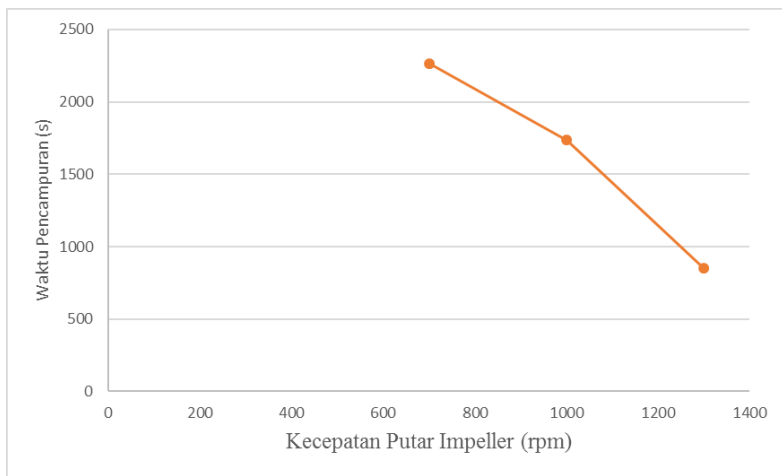
Pencampuran antara molasses dengan air untuk kecepatan putar *impeller* 700 rpm baru terlihat pada menit ke-17:15, sedangkan pada kecepatan putar *impeller* 1000 rpm pencampuran antara molasses dengan air mulai terlihat pada menit ke-33:37, dan untuk kecepatan putar *impeller* 1300 rpm mulai terlihat pada menit ke- 3:25. Hal ini disebabkan karena fluida dengan viskositas yang tinggi membutuhkan waktu untuk mengalir, dan dengan kecepatan putar yang besar dapat menyebabkan fluida untuk berotasi sebagai *solid body*. Pada kecepatan putar *impeller* 700 rpm, pencampuran selesai terjadi pada menit ke- 37:45 sedangkan pada kecepatan putar *impeller* 1000 rpm, pencampuran selesai terjadi pada menit ke- 28:56, dan pada kecepatan putar 1300 rpm, pencampuran selesai terjadi pada menit ke-14:10.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, nilai dari waktu pencampuran berdasarkan visualisasi dapat ditentukan. Lamanya waktu pencampuran tiap variabel adalah sebagai berikut.

Tabel 4.32 Waktu Pencampuran Molasses dan Air di tiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	Mixing Time
700	37:45
1000	28:56
1300	14:10

Berdasarkan hasil pengamatan pencampuran molasses dan air, didapatkan nilai waktu pencampuran dari masing-masing variabel kecepatan putar dimana nilai waktu pencampuran dapat dilihat pada **Gambar 4.51**.



Gambar 4.51 Hubungan Kecepatan Putar Impeller dan Waktu Pencampuran

Dari **Gambar 4.51**, dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan pada kecepatan 700 rpm adalah 2265 detik dan pada kecepatan 1000 rpm waktu yang dibutuhkan untuk pencampuran berkurang menjadi 1736 detik. Dan pada saat kecepatan putar

impeller menyentuh 1300 rpm, waktu pencampuran yang dibutuhkan hanya 850 detik. Sehingga, seiring dengan meningkatnya kecepatan putar *impeller* yang digunakan pada penelitian, waktu pencampuran molasses dan air semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putar *impeller* berbanding terbalik dengan waktu pencampuran. Menurut (Dickey, 2015), penggandaan pada kecepatan putar *impeller* akan mereduksi waktu pencampuran sebesar setengahnya dan meningkatkan *power* dengan faktor (2^3). Hal ini dapat dilihat pada kecepatan putar *impeller* 1300 rpm yang hampir sebesar dua kali lipat kecepatan putar *impeller* 700 rpm, menghasilkan waktu pencampuran 14 menit 10 detik dibandingkan dengan 37 menit 45 detik, mendekati setengah waktu pencampuran dari kecepatan putar *impeller* 700 rpm.

4.5 Power Consumption

Perhitungan kebutuhan daya dilakukan dengan pendekatan menggunakan grafik *power number correlations* yang secara teoritis dapat menentukan nilai *power number* untuk propeller tersebut berdasarkan nilai bilangan Reynold dengan mempertimbangkan nilai *pitch* dan nilai bilangan Froude. Berikut adalah grafik *power number correlations* dari (Coker, 2001) yang menghubungkan nilai *power number* dengan nilai bilangan Reynold untuk beberapa jenis *impeller* yang umum.

Bilangan Reynold menjelaskan pengaruh dari viskositas larutan dimana perhitungan dilakukan untuk mencari tahu nilai bilangan Reynold pada variabel kecepatan putar *impeller* dengan 275, 375, dan 475 RPM pada fluida air dan 700, 1000, dan 1300 RPM pada fluida molasses. Nilai Bilangan Reynold yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.33 Nilai Bilangan Reynold untuk Fluida Air di Setiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	Nilai Re
275	8023.05269
375	10940.5263
475	13858.0001

Tabel 4.34 Nilai Bilangan Reynold Untuk Fluida Molasses di Setiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	Nilai Re
700	13.08396222
1000	18.6913746
1300	24.29878698

Dari keterangan pada **Gambar 4.53**, nilai *power number* untuk aliran dengan nilai bilangan Reynold lebih besar dari 300 dipengaruhi oleh nilai bilangan Froude. Sehingga perhitungan bilangan Froude dilakukan hanya untuk variabel kecepatan 275, 375, dan 475 RPM. Nilai dari bilangan Froude untuk ketiga variabel tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.35 Nilai Bilangan Froude untuk Fluida Air di Setiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	D (m)	g (m/s ²)	NFr
275	0.0425	9.81	0.091009
375			0.169231
475			0.271522

Dalam pendekatan menggunakan grafik *power correlations*, dibutuhkan nilai *pitch* untuk menentukan kurva yang akan digunakan. Untuk menentukan nilai *pitch* propeller yang tidak diketahui, mengacu pada (Lewis, 1988), dilakukan pendekatan nilai *pitch* yang merupakan nilai displasmen posisi yang diselesaikan

dalam 1 putaran (360°) dengan menggunakan ImageJ. Karena propeller berputar ke kiri, maka sudut tangensial yang digunakan merupakan sudut diantara *leading edge* dan hub yang ditunjukkan pada **Gambar 4.52**.



Gambar 4.52 Nilai panjang *Opposite* dan *Adjacent* dari sudut tangensial

Berdasarkan nilai tersebut didapatkan nilai tangensial sudut sebesar 0.8096, sehingga nilai pitch yang didapatkan adalah sebesar 10.80 cm. Nilai *pitch* yang didapatkan adalah 2.5 kali dari diameter, sehingga dapat diasumsikan bahwa $p=2D$. Dengan diasumsikannya nilai tersebut maka dapat dilakukan penarikan garis pada grafik dibuku coker, berdasarkan nilai N_{Re} menuju kurva 3. Sehingga didapatkan nilai *power number* untuk tiap variabel kecepatan sebagai berikut:

Tabel 4.36 *Power Number* untuk Setiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	N_{Re}	N_{Fr}	N_p
275	8023.05269	0.091008679	0.80
375	10940.5263	0.169231014	0.69
475	13858.0001	0.271521761	0.60
700	13.08396222		4.50
1000	18.6913746		3.50
1300	24.29878698		2.80

Dengan menggunakan nilai *power number* maka dapat digunakan persamaan yang menghubungkan nilai *power number* dengan *power consumption* sehingga didapatkan nilai *power consumption* di tiap variabel kecepatan sebagai berikut:

Tabel 4.37 *Power Consumption* untuk Setiap Variabel Kecepatan

N (rpm)	Np	ρ (Kg/m³)	D (m)	P (Watt)
275	1.34	998.2	0.0425	0.010723
375	1.13			0.023411
475	0.95			0.040979
700	4.50	1297.66		1.285756
1000	3.50			2.915546
1300	2.80			5.124363

Perhitungan terhadap perbandingan *power consumption* terhadap volume fluida dapat dilakukan, dimana terdapat perbedaan volume fluida yang digunakan. Pada fluida air, volume air yang digunakan adalah sebanyak 16.5 liter sedangkan pada fluida molasses, volume molasses yang digunakan adalah sebanyak 3 liter. Sehingga perbandingan *power consumption* terhadap volume fluida ditunjukkan pada **Tabel 4.38**.

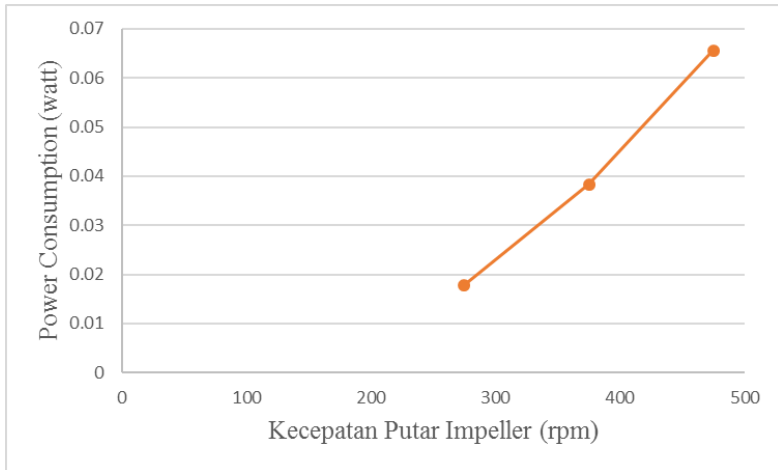
Tabel 4.38 Perbandingan *Power Consumption* terhadap Volume Fluida

n (rpm)	Power (Watt)	Volume	P/V (Watt/m ³)
275	0.010723387	Air (0.0165 m ³)	0.64990222
375	0.023411074		1.418852972
475	0.040979223		2.483589252
700	1.285755678	Molasses (0.003 m ³)	428.5852259
1000	2.915545754		971.8485848
1300	5.124363218		1708.121073

Berdasarkan nilai *power consumption* yang didapatkan diatas, dapat dilihat hubungan nilai *power consumption* dengan nilai densitas dari fluida yang ada di dalam tangki. Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis fluida yang berbeda yakni air dan molasses. Pengaruh dari densitas terhadap *power consumption* dapat dilihat dari perbedaan nilai *power consumption* yang terpaut jauh. *Power consumption* untuk propeller yang menggunakan fluida air sangatlah kecil jika dibandingkan yang menggunakan fluida molasses. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi densitas dari suatu fluida, maka nilai *power consumption* pun akan semakin besar dimana hal ini menunjukkan bahwa *power consumption* berbanding lurus dengan densitas fluida.

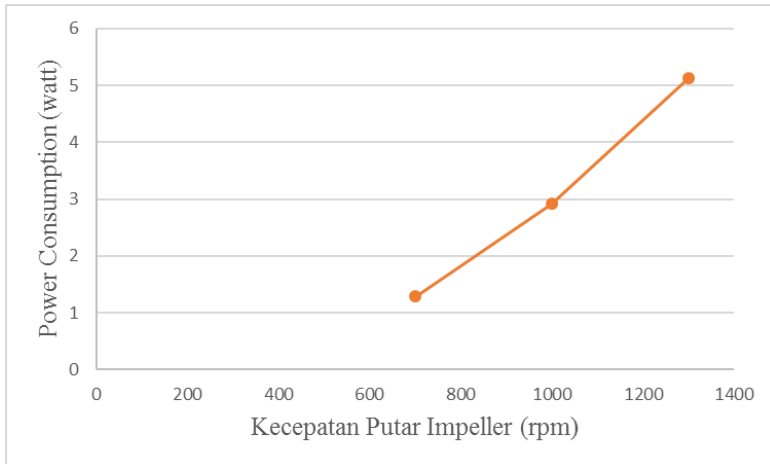
Dari nilai **Tabel 4.38** pun dapat dilihat hubungan *power consumption* dengan kecepatan putar impeller. Peningkatan *power consumption* yang disebabkan oleh kecepatan putar impeller juga dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan putar impeller, maka

kebutuhan daya pun akan meningkat. Hubungan antar kecepatan putar impeller dengan nilai *power consumption* ditunjukkan pada grafik dibawah.



Gambar 4.53 *Pengaruh Kecepatan terhadap Power Consumption pada Fluida Air*

Pada fluida air, peningkatan *power consumption* terjadi di setiap titik kecepatan. Pada kecepatan 275 rpm, daya yang dibutuhkan adalah 0.010723 watt, kemudian pada kecepatan 375 rpm, daya yang dibutuhkan naik menjadi 0.023411 watt. Pada kecepatan 475 rpm, terjadi kenaikan konsumsi daya menjadi 0.040979 watt. Hal ini menunjukkan pada fluida air, kecepatan putar *impeller* berbanding lurus dengan konsumsi daya.



Gambar 4.54 *Pengaruh Kecepatan terhadap Power Consumption pada Fluida Molasses*

Pada fluida molasses, peningkatan power consumption terjadi di setiap titik kecepatan. Pada kecepatan 700 rpm, daya yang dibutuhkan adalah 1.285756 watt, kemudian pada kecepatan 1000 rpm, daya yang dibutuhkan naik menjadi 2.915546 watt. Pada kecepatan 1300 rpm, terjadi kenaikan konsumsi daya menjadi 5.124363 watt. Hal ini menunjukkan pada fluida molasses, seperti halnya pada fluida air, kecepatan putar impeller berbanding lurus dengan konsumsi daya.

Dari kedua grafik di atas dapat disimpulkan bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan putar impeller maka nilai *power consumption* akan meningkat. Kedua grafik diatas pun menunjukkan *trend* yang mirip dilihat dari bentuk grafik yang hampir identik. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa *power consumption* berbanding lurus dengan kecepatan putar impeller. Dengan diketahuinya nilai *power consumption* atau kebutuhan daya yang dibutuhkan oleh impeller, maka tambahan power dibutuhkan untuk mengantisipasi *electrical loss* yang dilakukan pada saat pemilihan motor.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada tiap kecepatan putar *impeller*, seiring dengan bertambahnya waktu pengamatan, posisi *circulation flow* menurun dari tengah tangki mendekati perbatasan antara silinder dan konis.
2. Pada waktu pengamatan yang sama, seiring dengan peningkatan kecepatan putar *impeller*, posisi *circulation flow* akan menurun
3. Distribusi kecepatan fluida dalam tangki *conical bottom*, meningkat pada 5 titik pengamatan seiring dengan meningkatnya kecepatan putar *impeller*.
4. Semakin besar kecepatan putar *impeller* yang digunakan saat pencampuran molasses maka pencampuran akan semakin cepat tercapai. Meningkatkan kecepatan putar *impeller* sebanyak dua kali lipat akan memangkas setengah dari waktu campuran.
5. Nilai *power consumption* dari propeller berbanding lurus dengan nilai densitas fluida dan kecepatan putar *impeller*.

5.2 Saran

1. Pengaturan pencahayaan dengan mengatur slit yang tepat akan memberikan hasil yang bagus pada pengamatan.
2. Jarak antara tangki utama dengan dinding kotak pengamatan harus dekat sehingga hasil yang didapatkan lebih jelas
3. Pengecekan terhadap Bearing harus dilakukan setiap selesai melakukan percobaan untuk mencegah leaking
4. Perlunya diketahui hubungan perubahan densitas dengan *power consumption*
5. Memberikan pengawet pada molasses agar tetap stabil

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, et al. *Analisa Aliran Fluida Pada Mixing Crude Oil Storage Tank dengan CFD*. Surabaya: ITS. 2000.
- Cheremisinoff, Nicholas P. *Handbook of Chemical Processing Equipment*. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2000.
- Coker, A. *Modelling of Chemical Kinetics and Reactor Design*. Texas: Gulf. 2001
- Dickey, David. *Tackling Mixing Problem*. Journal of American Institute of Chemical Engineers. 2015.
- Fellows, PJ. *Food Processing Technology Principles and Practice*. United Kingdom: Ellis Horwood Ltd. 1988.
- Geankoplis C. J. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. Pretince-Hall International, Inc. 2003.
- Jahoda, et al. *CFD simulation of free liquid surface motion in a pilot plant stirred tank*. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 89 (2011). 2010.

- Lewis, Edward. *Principles of Naval Architecture*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers. 1988.
- Madhania, Suci et al. *Mixing Behaviour of Miscible Liquid-Liquid Multiphase Flow in Stirred Tank with Different Marine Propeller Installment by Computational Fluid Dynamics Method*. Publication of The Italian Association of Chemical Engineering. 2017
- McCabe, Smith, dan Harriot. Unit Operation of Chemical Engineering. New York: McGraw-Hill. 1993
- Nikiforaki, et al. *On the origin, frequency and magnitude of macro-instabilities of the flows in stirred vessels*. Journal of Chemical Engineering Science, 58 (2003) 2937-2949. 2003
- Oldshue, James Y. *Fluid Mixing Technology*. New York: McGraw-Hill. 1983
- Paul, Edward L., dan Arthur William E. *Advances in Industrial Mixing: A Companion to The Handbook of Industrial Mixing*. John Wiley and Sons Ltd. 2004.
- Robert E. Treybal. Mass-Transfer Operations. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill. 1981

- Speers, R.A dan Stokes, Scott. *Effects of Vessel Geometry, Fermenting Volume and Yeast Repitching on Fermenting Beer*. Journal of the Institute of Brewing, 115 (2009), 148-150. 2008
- Walas, Stanley M. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. 1988
- Wessselingh, J. A. *Mixing of Liquids in Cylindrical Storage Tanks with Side-Entering Propeller*. Journal of Chemical Engineering Science, 30 (1975) 973-981. 1974

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR NOTASI

D_T	Diameter Tangki	[m]
D_a	Diameter Impeller	[m]
E_k	Energi Kinetik	[Kg.m/s ²]
H	Tinggi Tangki	[m]
H'	Tinggi Fluida dalam Tangki	[m]
N	Kecepatan Putar Impeller	[rpm]
M	Viskositas <i>Fluida</i>	[kg/m.s]
Q	<i>Pumping Capacity</i>	[m ³ /s]
ρ	Densitas <i>Fluida</i>	[kg/m ³]
p	<i>Pitch</i>	[cm]
P	<i>Power Consumption</i>	Watt

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

APPENDIKS

1. Nilai Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{N\rho Da^2}{\eta}$$

Dimana:

ρ = Densitas zat cair (Kg/m³)

N = Kecepatan putar propeller (rps)

Da = Diameter Impeller (m)

η = Viskositas zat cair (Kg/m.s)

Dengan nilai setiap notasi diatas untuk variabel yang menggunakan fluida air adalah sebagai berikut:

N (RPM)	ρ (Kg/m3)	D (m)	η (Kg/m.s)
275	998.2	0.0425	1.03E-03
375			
475			
700	1297.66		2.09
1000			
1300			

Sehingga dengan menggunakan nilai diatas, dapat dihitung, untuk variabel kecepatan putar propeller 275 RPM:

$$N_{Re} = \frac{N\rho Da^2}{\eta}$$

$$N_{Re} = 275 \text{ RPM} \times \frac{1}{60} \frac{RPS}{RPM} \cdot 998,2 \frac{Kg}{m.s} \times (0.0425 \text{ m})^2 \times \frac{1}{1.03 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m.s}}$$

$$N_{Re} = 8023,05269$$

2. Bilangan Froude

$$N_{Fr} = \frac{ND^2}{g} \quad (4.3)$$

Dimana

N = Kecepatan putar propeller (rps)

D = Diameter Impeller (m)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

Data penelitian:

N (RPM)	D (m)	g (m/s ²)
275	0.0425	9.81
375		
475		

$$N_{Fr} = \frac{ND^2}{g}$$

$$N_{Fr} = 275 \text{ RPM} \times \frac{1}{60} \frac{RPS}{RPM} \times 0.00425 \text{ m} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$N_{Fr} = 0.0091009$$

3. Nilai Tangensial Φ

$$\tan \Phi = \frac{\textit{Opposite}}{\textit{Adjacent}}$$

Dengan data pengukuran yang diukur menggunakan ImageJ.
Hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

Opposite: 1.310 cm

Adjacent: 1.618 cm

$$\tan \Phi = \frac{\textit{Opposite}}{\textit{Adjacent}}$$

$$\tan \Phi = \frac{1.310 \text{ cm}}{1.618 \text{ cm}}$$

$$\tan \Phi = 0.8096$$

4. Nilai *Pitch*

$$\mathbf{\tan \Phi = \frac{p}{2\pi r}}$$

Dimana

p = Pitch (cm)

r = Jari-Jari Impeller (m)

Nilai $\tan \Phi$ telah didapatkan di perhitungan sebelumnya senilai 0.8096, sehingga:

$$p = 2\pi r \cdot \tan \Phi$$

$$p = 2 \times \pi \times 2.125 \cdot 0.8096$$

$$p = 10.80 \text{ cm}$$

$$\frac{p}{D} = \frac{10.80 \text{ cm}}{4.25 \text{ cm}} = 2.5411$$

Diasumsikan nilai p/D adalah 0.5 sehingga grafik dapat digunakan, dimana garis ditarik menuju kurva 3.

5. Pembacaan dan Perhitungan Power Number

Pada fluida dengan N_{Re} dibawah 300, pembacaan *power number* dapat dilakukan secara langsung tanpa harus dilakukan perhitungan. Pada fluida dengan N_{Re} diatas 300, pembacaan power number dari grafik *power correlations* tidak dapat dilakukan secara langsung. Pembacaan dari grafik harus dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{N_p}{N_{Fr}^{(a-\log N_{Re})/b}}$$

Dimana :

N = Putaran Pengaduk (Rps)

D = Diameter Pengaduk (m)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

Nilai pembacaan kurva di tiap RPM adalah sebagai berikut:

N (RPM)	N_{Re}	Φ
275	8023.05269	1.00
375	10940.5263	0.90
475	13858.0001	0.80

Pada pembacaan kurva, ada beberapa nilai yang diberikan dari grafik, untuk kurva 3 dimana diperuntukkan untuk propeller 3 daun dengan $p=2D$ dan tanpa baffle:

$$a = 1.7$$

$$b = 18$$

Sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan diatas berdasarkan nilai pembacaan.

$$\Phi = \frac{N_p}{N_{Fr}^{(a-\log N_{re})/b}}$$

$$N_p = N_{Fr}^{(a-\log N_{re})/b} \cdot \Phi$$

$$N_p = 1^{(1.7-\log 8023.05)/18}$$

$$N_p = 1.34$$

6. Perhitungan Power Consumption

$$P = N_p \rho N^3 D^5$$

Dimana :

P = Tenaga eksternal dari agitator (Nm/detik)

N_p = Bilangan Power (Power Number)

ρ = Densitas cairan dalam tangki (kg/m³)

N = Kecepatan agitasi (Rps)

D = Diameter pengaduk (m)

Nilai dari notasi-notasi diatas adalah sebagai berikut:

N (RPM)	Np	ρ (Kg/m³)	D (m)
275	1.34	998.2	0.0425
375	1.13		
475	0.95		
700	3.50	1297.66	
1000	2.50		
1300	2.00		

$$P = N_p \rho N^3 D^5$$

$$P = 1.34 \times 998.2 \frac{Kg}{m^3} \times \left(275 \text{ RPM} \times \frac{1}{60} \frac{RPS}{RPM} \right)^3 \times (0.0425 \text{ m})^5$$

$$P = 0.017872 \text{ Watt}$$

BIODATA PENULIS



Nicholas Abie lahir di Jakarta, 7 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Ronny Gunawan dan Marie Lianto. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Santa Ursula BSD (1999-2001), SD Santa Ursula BSD (2001-2007), SMP Santa Ursula BSD (2007-2010), SMA Santa Ursula BSD (2010-2013) Lalu penulis melanjutkan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Kimia pada tahun 2013-2017. Pada 2016 beliau pernah Kerja Praktek di PT. Halliburton Indonesia. Dan pada tahun terakhirnya di Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Bersama Partnernya Eizel Mauldy Muhammad dan dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. dan Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng. Penulis berhasil menyelesaikan Pra Desain Pabrik “Gula Kristal Putih” dan penulisan buku skripsi ini.

DATA PRIBADI PENULIS

Nama : Nicholas Abie

Nomor HP : +6285921659559

Email : nicholasabie74@gmail.com

BIODATA PENULIS



Eizel Mauldy Muhammad lahir di Bandung, 19 Agustus 1994. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Tubagus Hanafi Soeriaatmadja dan Gina Sonia. Penulis telah menempuh pendidikan di TK An-nisaa (1998-2000), SD An-nisaa (2000-2006), SMP An-nisaa (2006-2009), SMA Bina Nusantara (2009-2012) Lalu penulis melanjutkan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Kimia pada tahun 2013-2017. Pada 2016 beliau pernah Kerja Praktek di PT. Halliburton Indonesia. Dan pada tahun terakhirnya di Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Bersama Partnernya Nicholas Abie dan dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. dan Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng. Penulis berhasil menyelesaikan Pra Desain Pabrik “Gula Kristal Putih” dan penulisan buku skripsi ini.

DATA PRIBADI PENULIS

Nama : Eizel Mauldy Muhammad

Nomor HP : +6287774337773

Email : eizelmauldy@gmail.com